Design of Deep Foundations. (Piles)

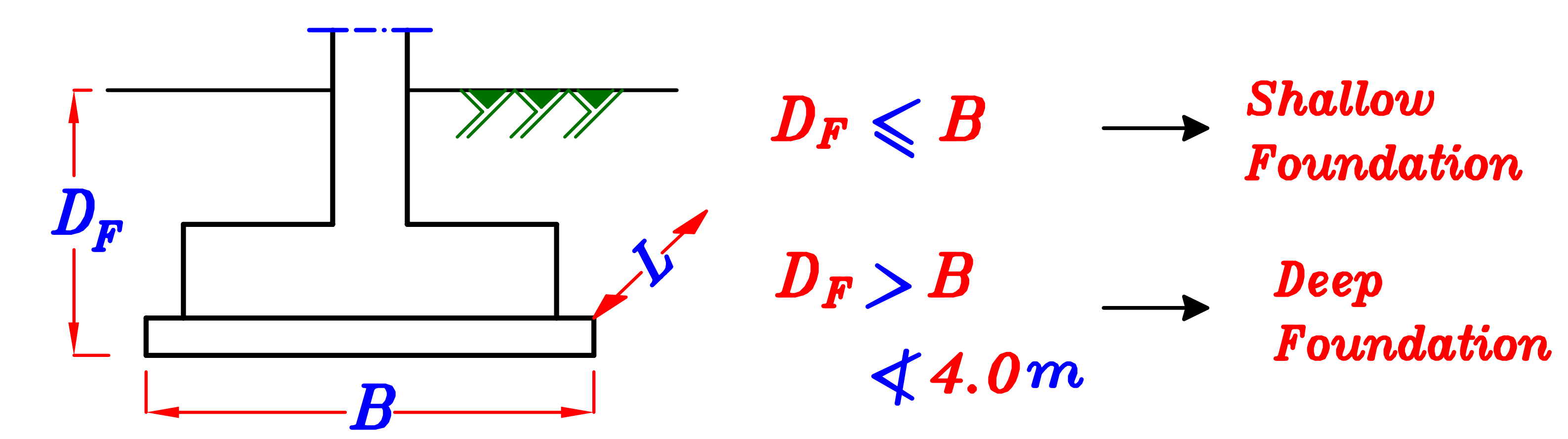
تصميم القواعد العميقه الخوازيق

نسألكم الدعاء

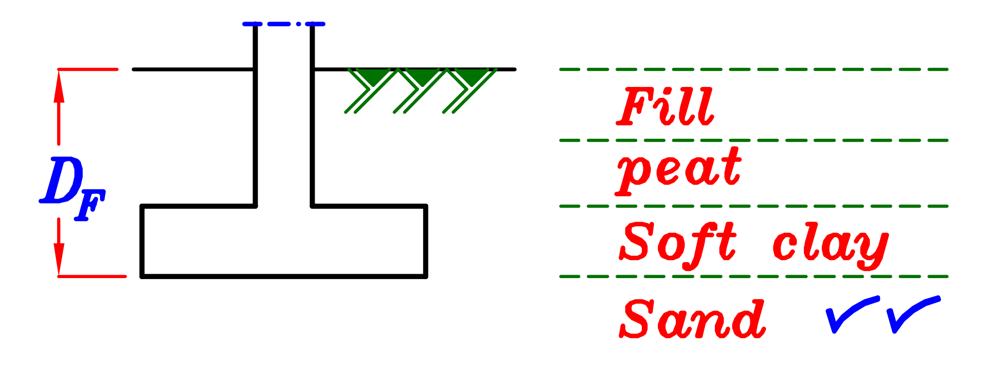
نتقدم بالشكر للمهندس / محمد ماهر توفيق .

Table of Contents.

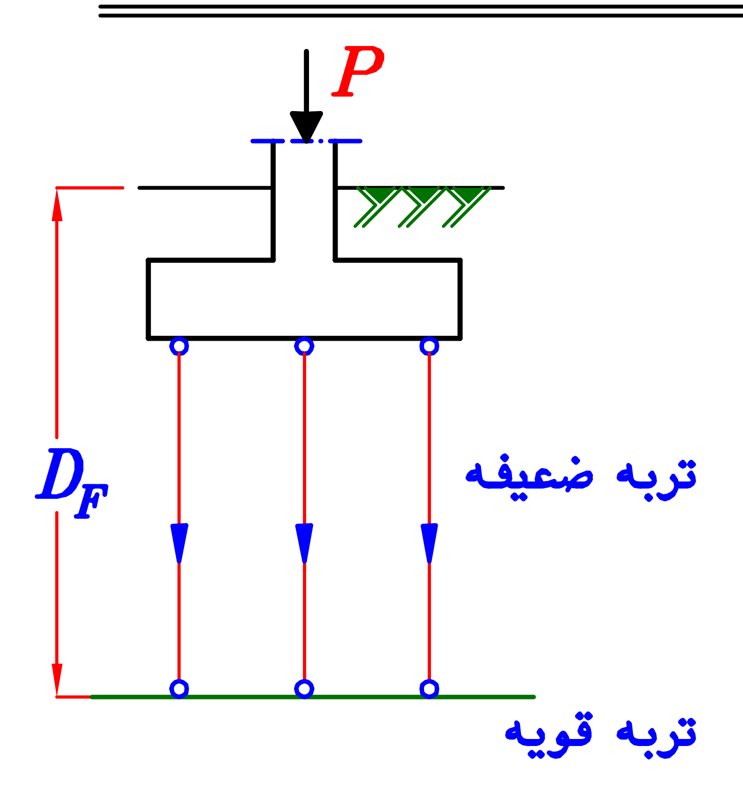
* الاساسات العميقه هى التى تكون على عمق تاسيس (D_F) كبير .



و عاده ما نلجأ الى هذا العمق الكبير فى التأسيس للوصول الى طبقات التربه ذات القدره العاليه (Good bearing capacity)



* و فى حاله وجود طبقات التربه القويه على عمق كبير من سطح الارض بحيث يكون من المكلف جدا حفر هذا العمق الكبير من التربه لتنفيذ الاساس على التربه القويه فاننا نقوم باستخدام عناصر معينه تقوم بنقل الاحمال من الاساس حتى التربه القويه



هذه العناصر تسمى

Deep Foundations

Defination of piles. تعريف الخوازيق

* هى عناصر إنشائيه مصنوعه من (الخرسانه المسلحه أو الحديد أو الخشب)

تستخدم لنقل الاحمال من قاعده الخازوق (هامه الخازوق *pile cap*) الى طبقه التربه القويه

P

pile cap

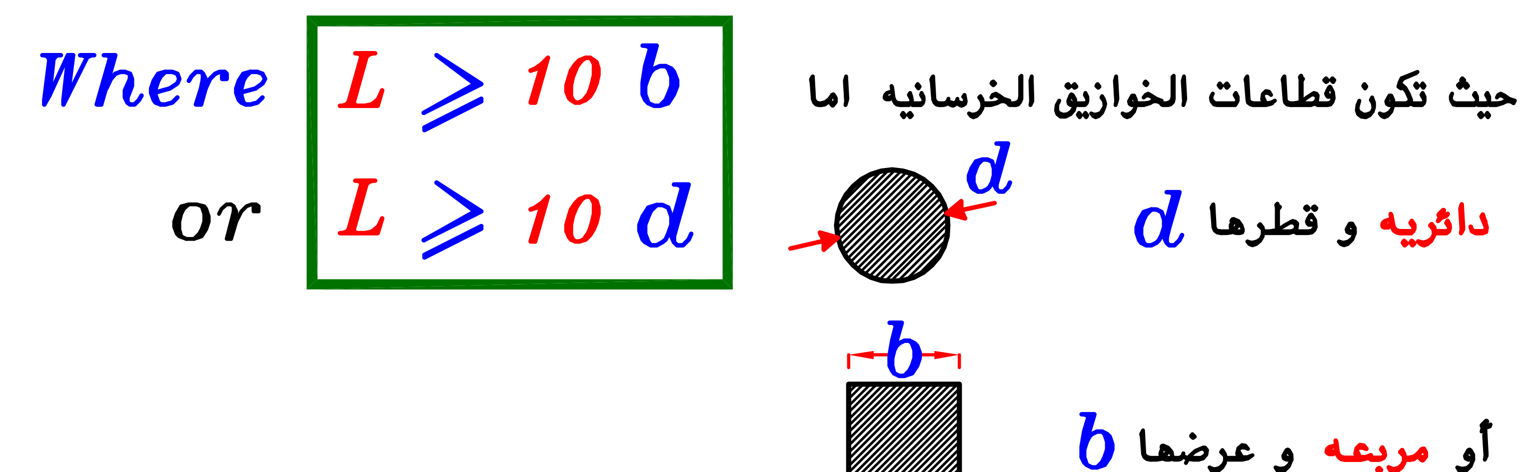
L

b or d

D_F

تربه ضعيفه

تربه قويه



حيث تكون قطاعات الخوازيق الخرسانيه اما

دائريه و قطرها d

أو مربعه و عرضها b

Where $L \geqslant 10\,b$

or $L \geqslant 10\,d$

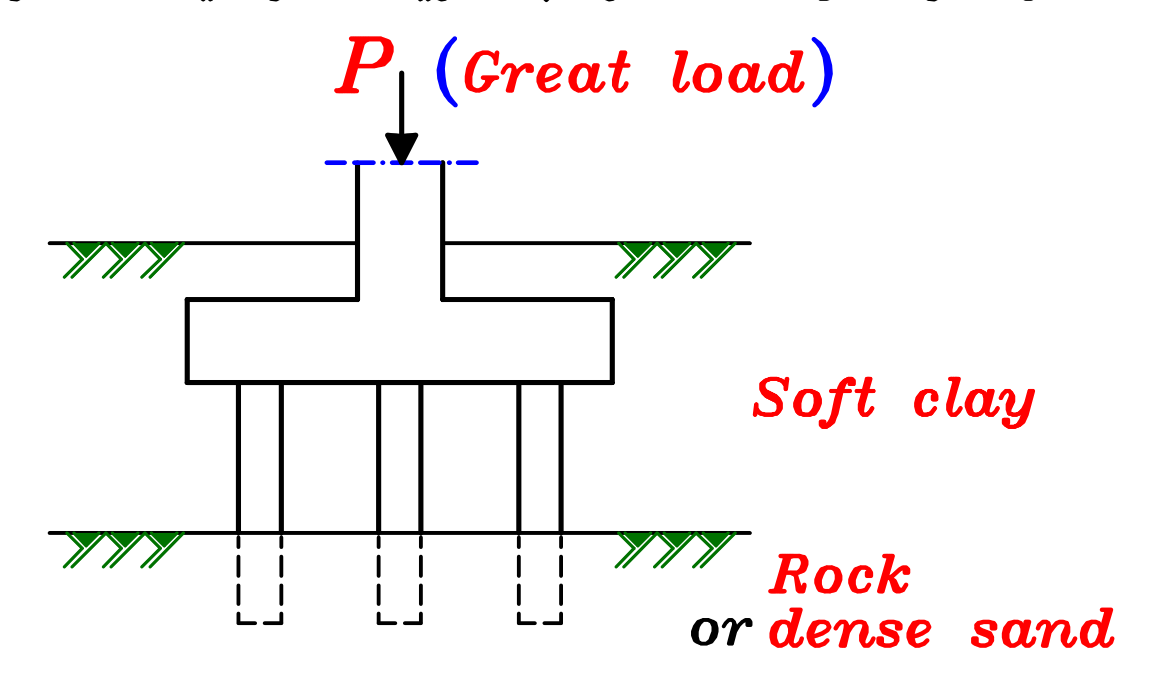
الخوازيق هى النوع الرئيسى من انواع الاساسات العميقه التى سنهتم بدراستها فى هذا الملف .

Applications of piles. متى يفضل استخدام الخوازيق

1- *In case of great loads and very weak shallow soil.*

* فى حاله وجود أحمال ضخمه و توافر طبقه سطحيه ضعيفه من التربه و تكون عميقه بحيث يصعب استبدالها بطبقه اخرى قويه (احلال)

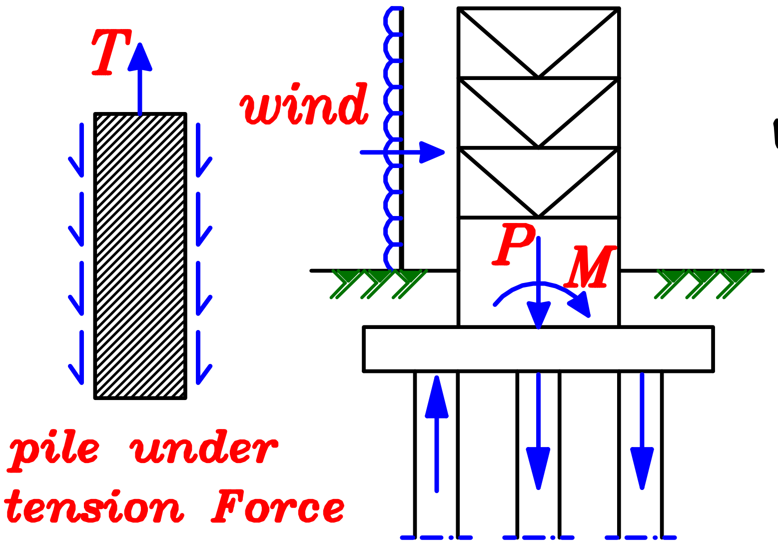
لذلك فى هذه الحاله نلجأ لتنفيذ خوازيق مباشره تخترق هذه الطبقه الضعيفه حتى تصل لعمق عنده تظهر طبقه قويه فتنتقل اليها الاحمال



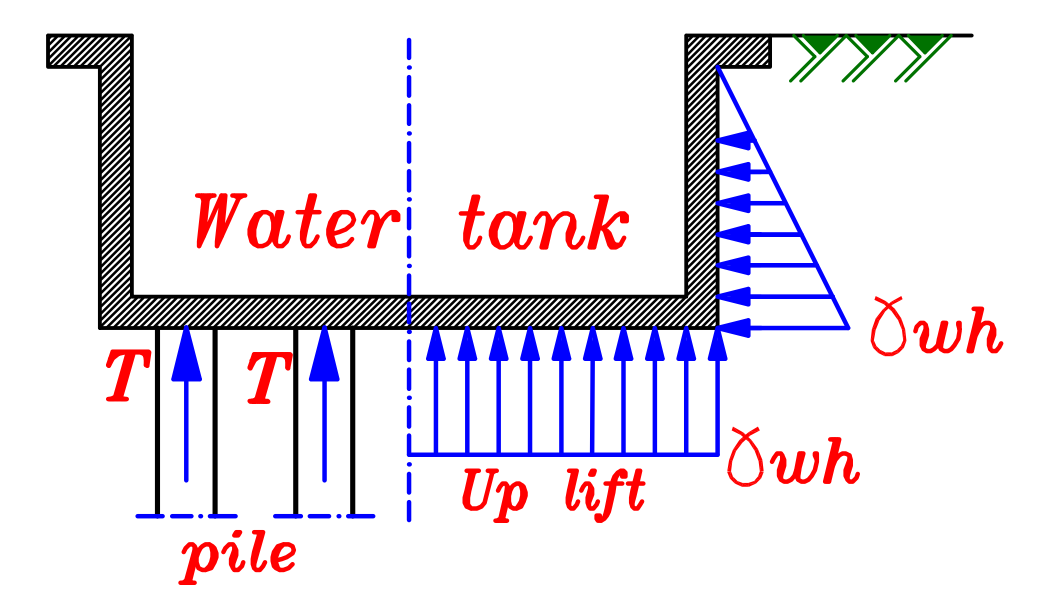
2- *In case of big eccentricity of load.*

* فى حاله المنشأت ذات الوزن الخفيف و العاليه مثل ابراج الكهرباء و المدخنه تكون العزوم الناتجه عن أحمال الرياح أكبر بكثير من الاحمال الرأسيه $M \gg P$

و بالتالى تكون $\left(e = \frac{M}{P}\right)$ كبيره جدا مما قد يولد شد على الاساسات و هو ما يصعب على التربه مقاومته و بالتالى نستخدم الخوازيق التى تستطيع مقاومه الشد عن طريق مقاومه الاحتكاك على جانبى الخازوق .

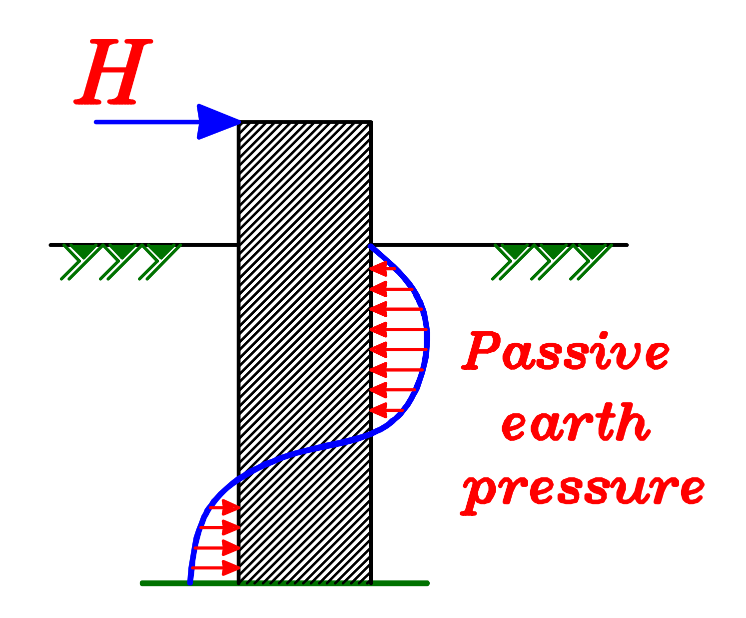


3- In case of uplift.



* فى حاله خزانات الماء المدفونه بالتربه و يكون عليها ضغط ماء جوفى عالى ينتج عنه (Up lift) يحاول رفع الخزان لاعلى لذا يفضل استخدام الخوازيق لمقاومه الـ(Up lift) الذى يولد قوه شد على الخوازيق .

4- In case of great Hz. Force.



* فى حاله وجود أحمال افقيه عاليه تستطيع الخوازيق مقاومتها عن طريق *Passive earth pressure*

(لاحظ ان القوه الافقيه قد تسبب انزلاق *sliding* فى حاله القواعد العاديه لذلك تفضل الخوازيق فى هذه الحاله)

5- In case of deep excavation supporting.

* عندما نريد عمل حفر عميق بجوار منشا قائم لابد من سند جوانب الحفر بواسطه حوائط سانده ، فى أغلب الاحيان تستخدم الخوازيق لتكوين هذه الحوائط.

existing building

D

X X

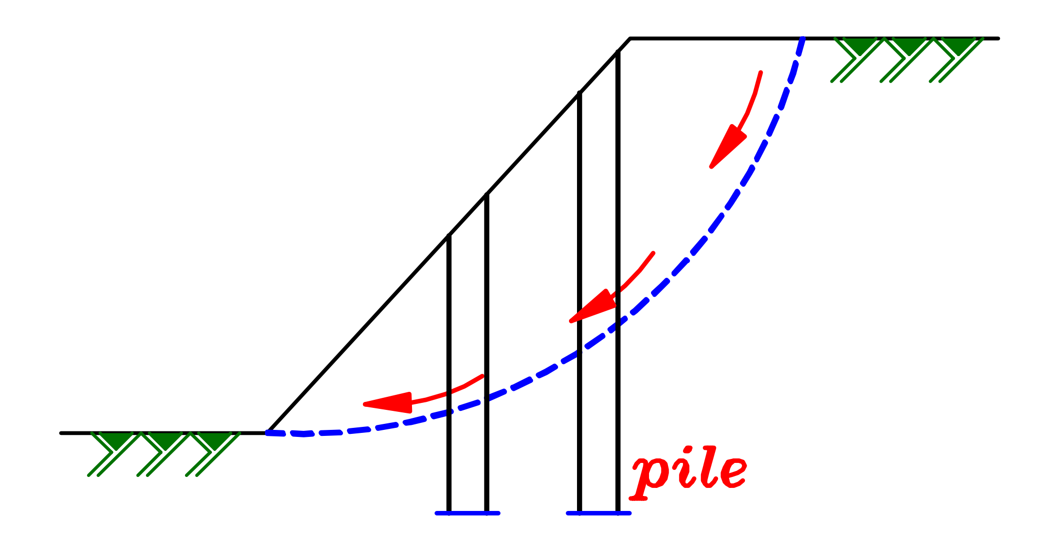
Deep excavation

Sec X-X

sheet piles secant piles tangent piles

6- Increase stability of slopes.

* فى حاله وجود ميول نريد زياده معامل الامان لها يمكن استخدام الخوازيق التى تزيد من ثبات الميول و تقاوم انهيارها .



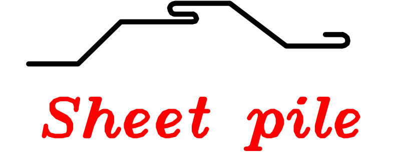
Classification of piles.

* يمكن تقسيم أنواع الخوازيق من حيث الماده المستخدمه فى عمل الخوازيق و من حيث طرق تنفيذ الخوازيق كالاتى :

- Piles
  - steel piles
  - timber piles
  - Concrete piles
    - R.C. piles
      - Precast
      - Cast in place
        - C.F.A (semi bored semi driven)
        - driven pile
        - bored pile
    - Prestressed Piles سابقه الاجهاد

* Steel Piles. خوازيق حديديه

* خوازيق ذات قطاعات حديديه تنفذ بالدق



Sheet pile

Pipe pile

I-piles

* و يعيبها :
١- التكلفه العاليه لقطاعات الحديد .
٢- تحتاج معالجه خاصه ضد الصدأ بسبب المياه الجوفيه .

* Timber Piles.

* هى خوازيق ذات قطاعات خشبيه تنفذ بالدق

و تستخدم فى مراسى المراكب النهريه , و تحتاج معالجه خاصه جدا بسبب

احتمال تاكل الخشب مع وجود المياه الجوفيه .

timber piles

* Prestressed Piles. خوازيق خرسانيه سابقه الاجهاد

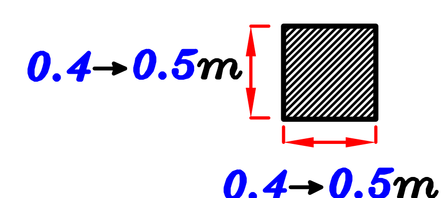
* هى خوازيق من الخرسانه المسلحه سابقه الاجهاد ، حيث تتعرض لقوه ضغط مسبقاً قبل تشغيلها بالاحمال العاديه .

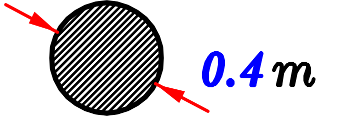
* و تستخدم خاصه فى حاله الخوازيق المعرضه لقوه شد مباشر مثل حاله *uplift on water tank*

* Precast Piles. خوازيق خرسانيه سابقه الصب

* هى خوازيق من الخرسانه المسلحه يتم صبها مسبقاً خارج مكان الخازوق المطلوب و يتم ذلك إما فى وحده صب بالموقع أو فى مصنع خاص .

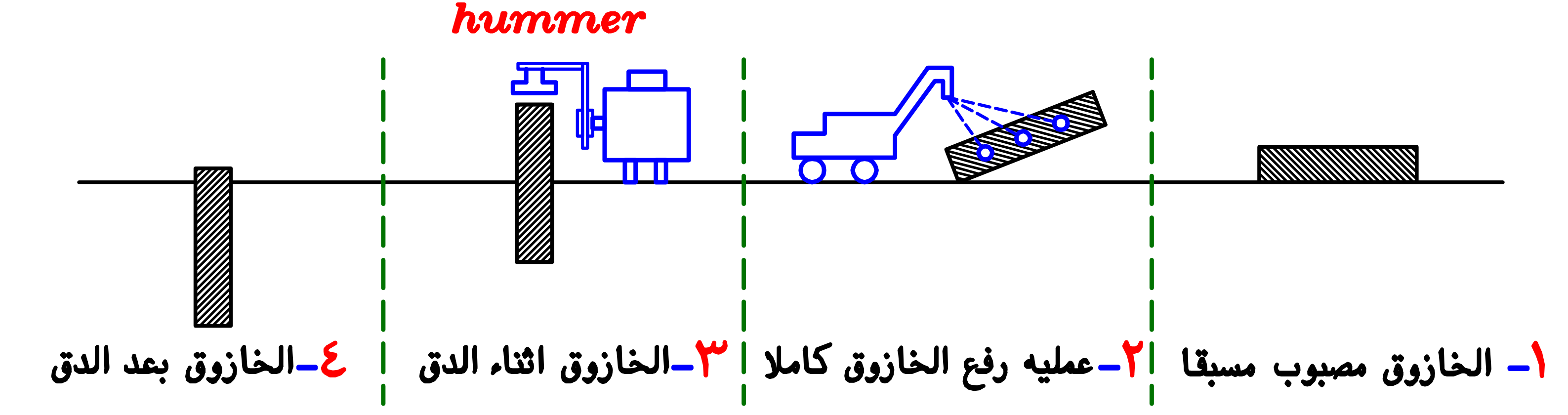
* تأخذ هذه الخوازيق قطاعات محدده بابعاد محدده و أطوال معينه لا تزيد عن ١٢ م





* يتم رفع الخازوق بعد صبه ثم يضبط رأسيا ثم يدق داخل التربه .

مراحل تنفيذ دق الخازوق .



* مميزات الخوازيق سابقه الصب .

١ - يتم الصب فى مكان بالموقع .

٢ - يمكن زياده ضبط جوده الخرسانه المستخدمه فى صب الخازوق لان الصب يكون فى مكان مفتوح و ملاحظ

٣ - التكلفه الكليه للخوازيق للمشروع الواحد تكون رخيصه

* عيوب الخوازيق سابقه الصب .

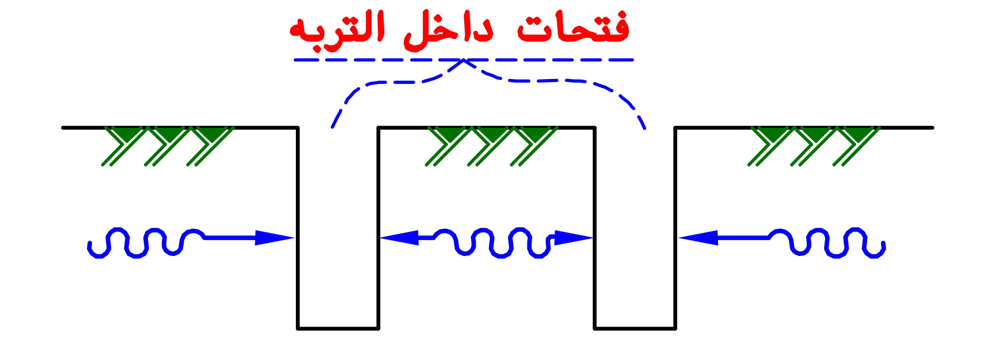
١ - الابعاد المتاحه لهذا النوع تكون محدوده .

٢ - تاثير الدق الشديد على المنشأت المجاوره .

لذلك لا يستخدم هذا النوع من الخوازيق فى المواقع المجاوره لمنشات سكنيه أو حيويه .

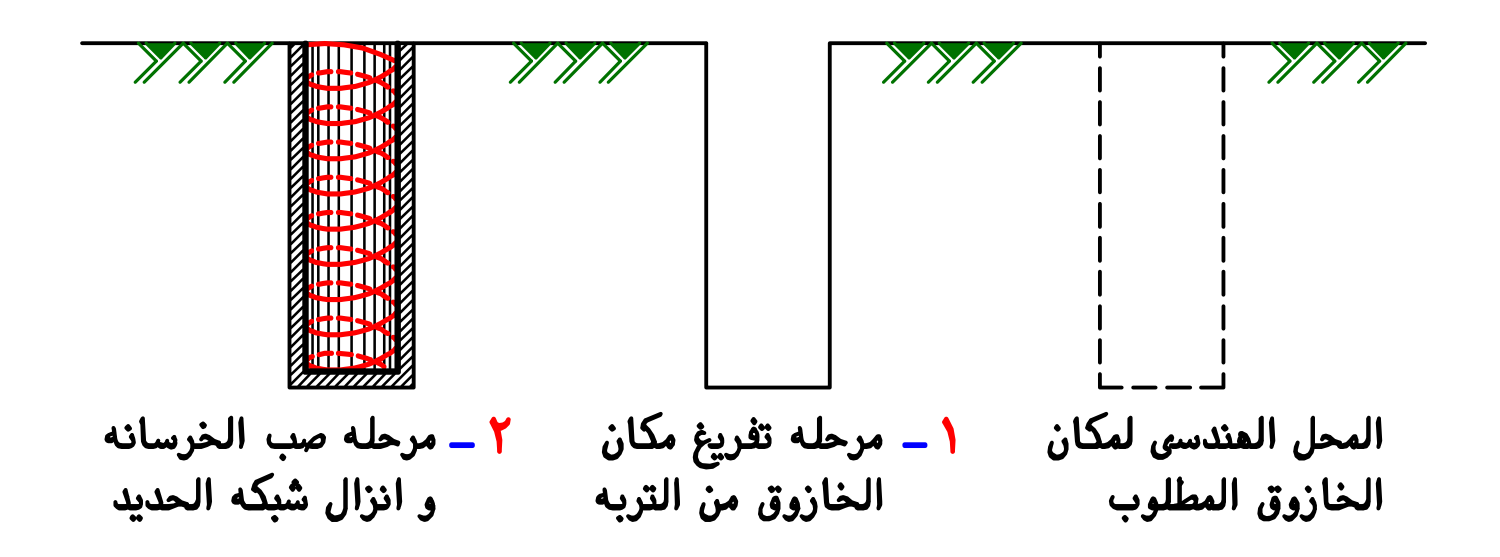
و يمكن تقليل تاثير الموجات الاهتزازيه الناتجه عن الدق عن طريق عمل

فتحات داخل التربه (حفره مفتوحه) و التى تعمل على تقليل مسار الموجات



* *Cast in place piles.* خوازيق تصب فى مكانها

* هى الخوازيق التى يتم تصنيعها (صب الخرسانه و انزال شبكه حديد تسليح) فى المكان المخصص لتنفيذ الخازوق بعد تفريغه من التربه الموجوده .



* و تنقسم هذه المجموعه من الخوازيق المصبوبه فى مكانها الى ٣ أنواع :

1 – *Bored piles* (*Replacement piles*)
* خوازيق الحفر
* خوازيق التثقيب

2 – *Driven piles* (*Displacement piles*)
* خوازيق الدق
* خوازيق الازاحه

3 – *Continuous Flight auger* (*CFA. piles*)

يأتى الاختلاف الرئيسى بين هذه الانواع فى طريقه تفريغ مكان الخازوق من التربه

1- Bored piles (Replacement piles)

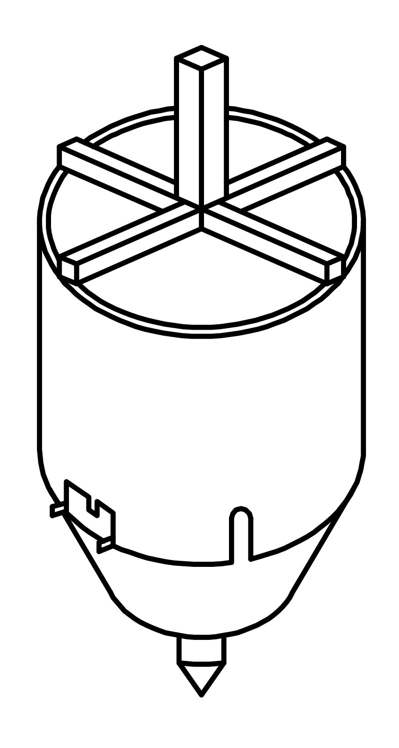
* فى هذا النوع يتم تفريغ مكان الخازوق من التربه عن طريق الحفر أى ازاله حجم من التربه يساوى تقريبا حجم الخازوق المطلوب .

* و من أشهر المعدات المستخدمه فى حفر الخوازيق :

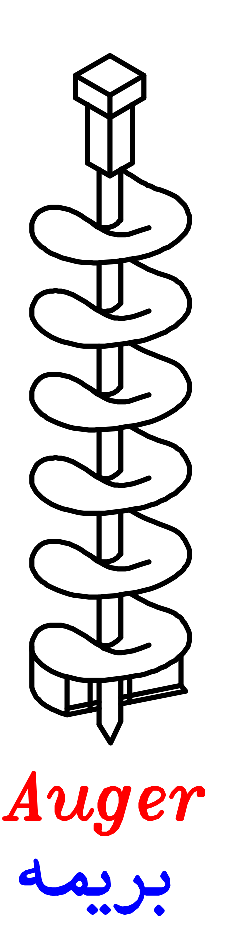
1 - Bucket الكباش

2 - Auger البريمه

و بالتالى دائما هذا النوع من الخوازيق يكون ذو قطاع دائرى

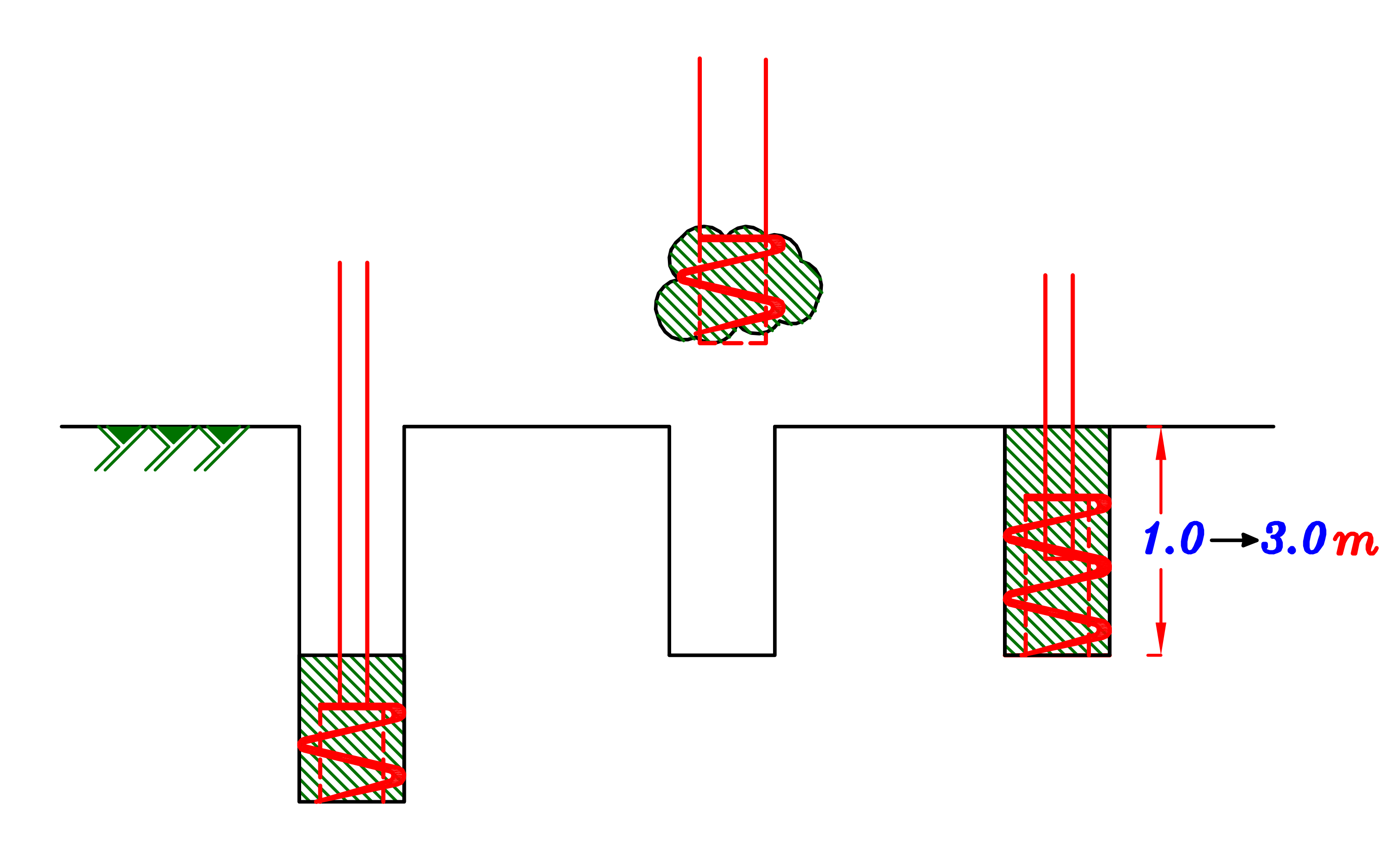


Bucket
كباش



Auger
بريمه

* لاحظ ان معدات الحفر سواء الكباش أو البريمه تقوم بحفر الخازوق على مراحل حيث تحفر جزء من الخازوق على كامل طول المعده (١م ← ٣م) ثم تخرج خارج الحفره لترمى ناتج الحفر ثم تعود الى حفر جزء أخر و هكذا حتى الوصول للعمق المطلوب



١ ـ يتم حفر حوالى ٣ م   ٢ ـ يتم ازاله ناتج الحفر   ٣ ـ يتم حفر ٣ م أخرى

General steps of bored piles construction.

المراحل العامه لتنفيذ خوازيق الحفر

١- يتم الحفر باستخدام أحد المعدات المناسبه (البريمه أو الكباش) حتى الوصول الى منسوب نهايه الخازوق المطلوب (كعب الخازوق *pile tip*) مع التاكد من الوصول الى هذا المنسوب باستخدام الثقل .

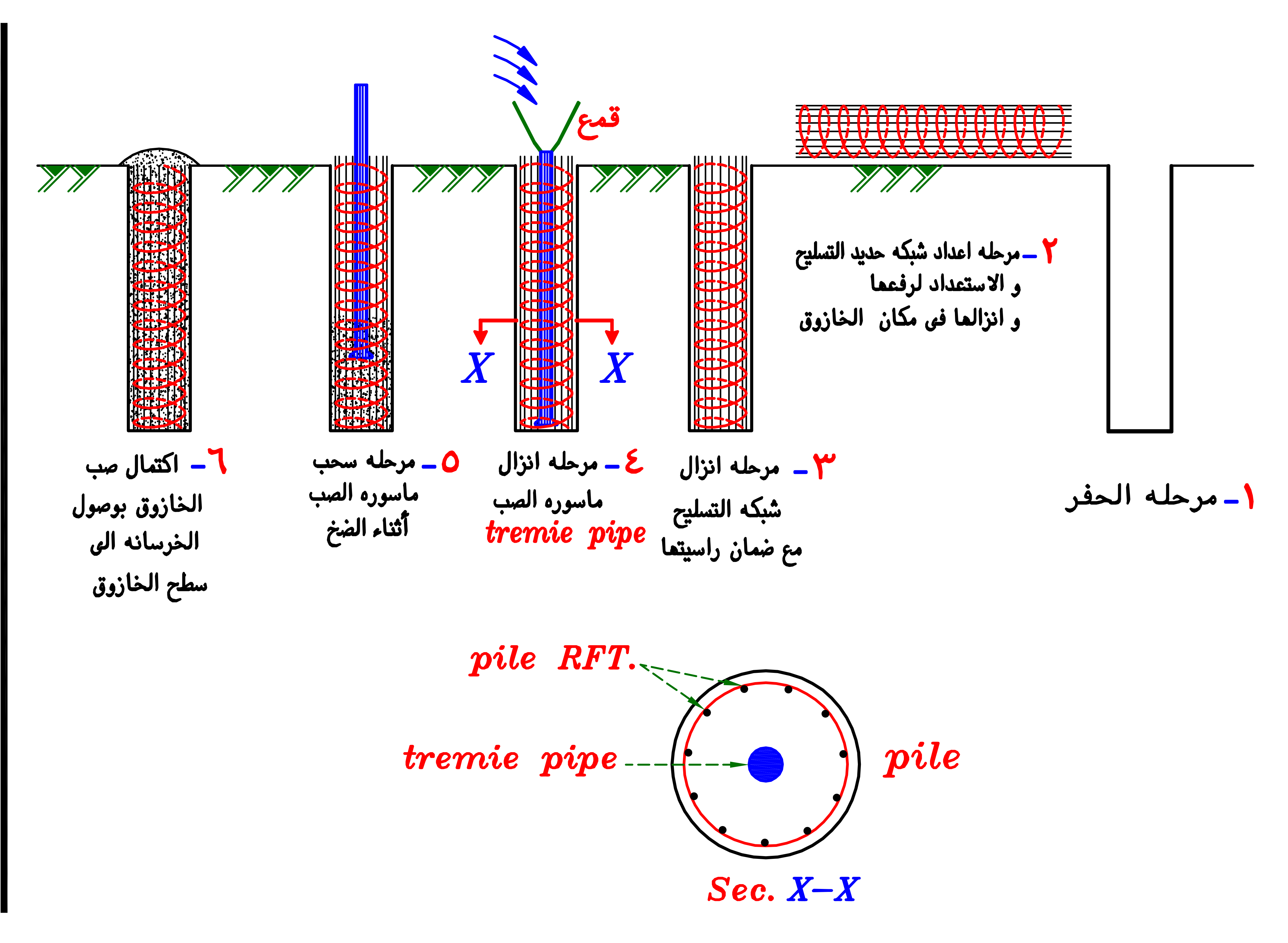
٢- يتم اعداد شبكه حديد التسليح كامله فى الموقع (حديد تسليح + كانات) و التاكد من الوصلات أو اللحام ان وجد .

٣- يتم انزال شبكه الحديد داخل الخازوق المحفور مع ضمان رأسيتها .

٤- يتم انزال ماسوره طويله (*tremie pipe*) حتى نهايه الخازوق لتستخدم فى ضخ الخرسانه .

٥- يتم ضخ الخرسانه داخل الخازوق من أسفل لاعلى مع سحب ماسوره الصب. لاعلى تدريجيا مع مراعاه ان تكون فوهه الماسوره دائما غاطسه داخل الخرسانه المصبوبه .

٦- يتم الاستمرار فى صب الخرسانه حتى تظهر عند سطح الخازوق.


١- مرحله الحفر
٢- مرحله اعداد شبكه حديد التسليح و الاستعداد لرفعها و انزالها فى مكان الخازوق
٣- مرحله انزال شبكه التسليح مع ضمان راسيتها
٤- مرحله انزال ماسوره الصب tremie pipe
قمع
X
X
٥- مرحله سحب ماسوره الصب أثناء الضخ
٦- اكتمال صب الخازوق بوصول الخرسانه الى سطح الخازوق
pile RFT.
tremie pipe
pile
Sec. X-X

ملحوظه هامه .

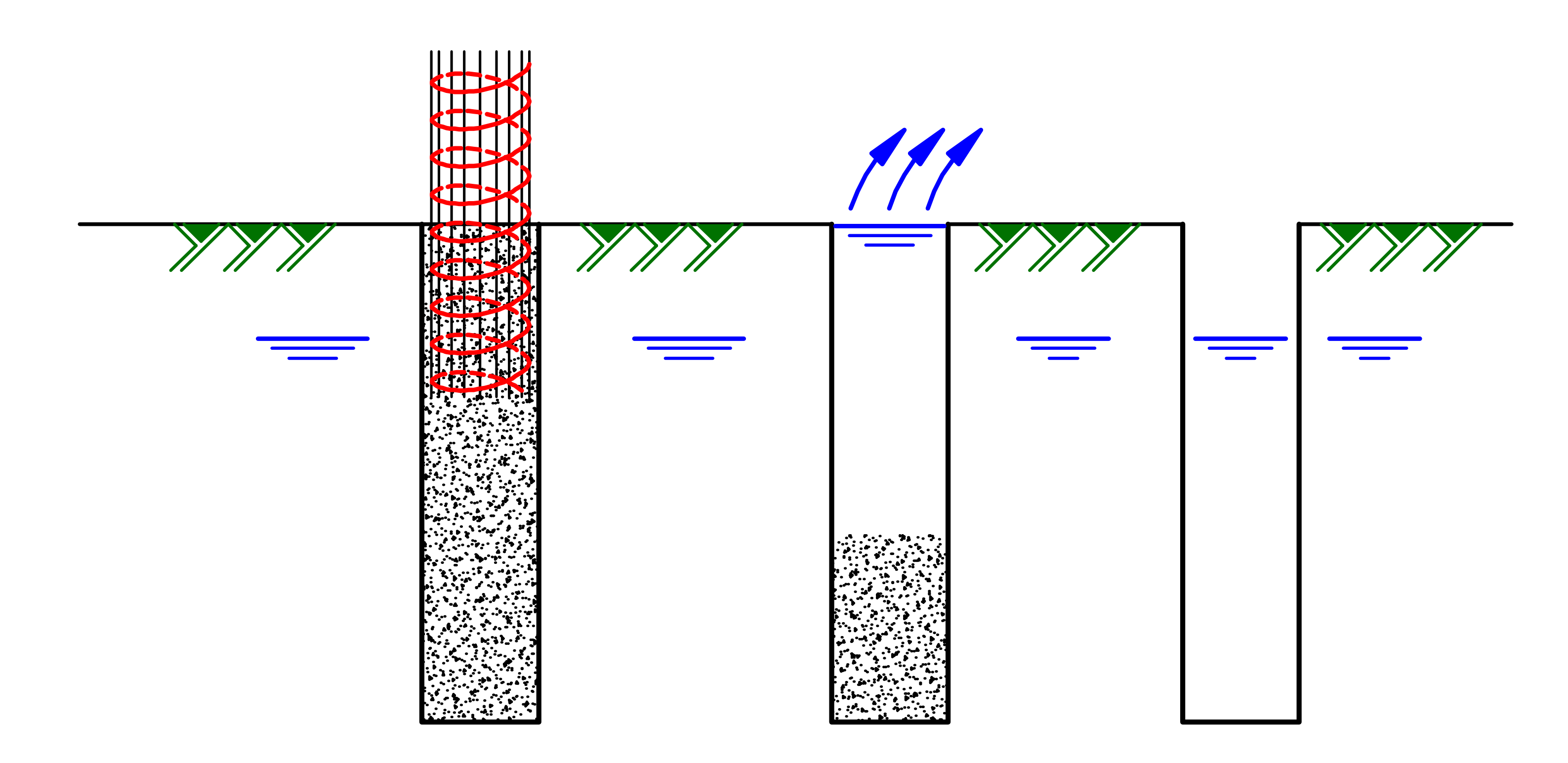
ان وجدت المياه الجوفيه بالموقع فانه بعد حفر مكان الخازوق تتبقى المياه داخل الحفره .

و لكن تطرد هذه المياه خارج حفره الخازوق اثناء مرحله صب الخرسانه نظرا لوزن الخرسانه الثقيل .

مع الملاحظه أنه فى هذه الحاله يفضل صب الخرسانه أولا (لطرد المياه)

ثم انزال شبكه حديد التسليح بسرعه فى الخرسانه اللدنه المصبوبه قبل تصلدها .

حيث ينزل الحديد تحت تاثير وزن شبكه التسليح الثقيله أو باستخدام هزاز يركب على الشبكه .



١- مرحله الحفر

٢- صب الخرسانه لطرد المياه الجوفيه

٣- انزال تسليح الخازوق بسرعه قبل شك الخرسانه

Supporting of excavation sides.

كيفيه سند جوانب الحفر اثناء مرحله حفر الخازوق و كذلك أثناء الصب

يتم ذلك باستخدام أحد عده أساليب من اشهرها :

1- Using Casing. باستخدام القيسون

2- Using bentonite slurry. باستخدام البنتونيت

3- Using dry boring. باستخدام الحفر الجاف

1- Using casing. باستخدام القيسون

سند جوانب الحفر باستخدام القيسون

* و القيسون هو ماسوره مفرغه ذات نهايه مفتوحه يتم دقها برفق داخل الارض حتى عمق بسيط ١ م ← ٢ م ثم تنزل الكباش داخلها لحفر التربه .

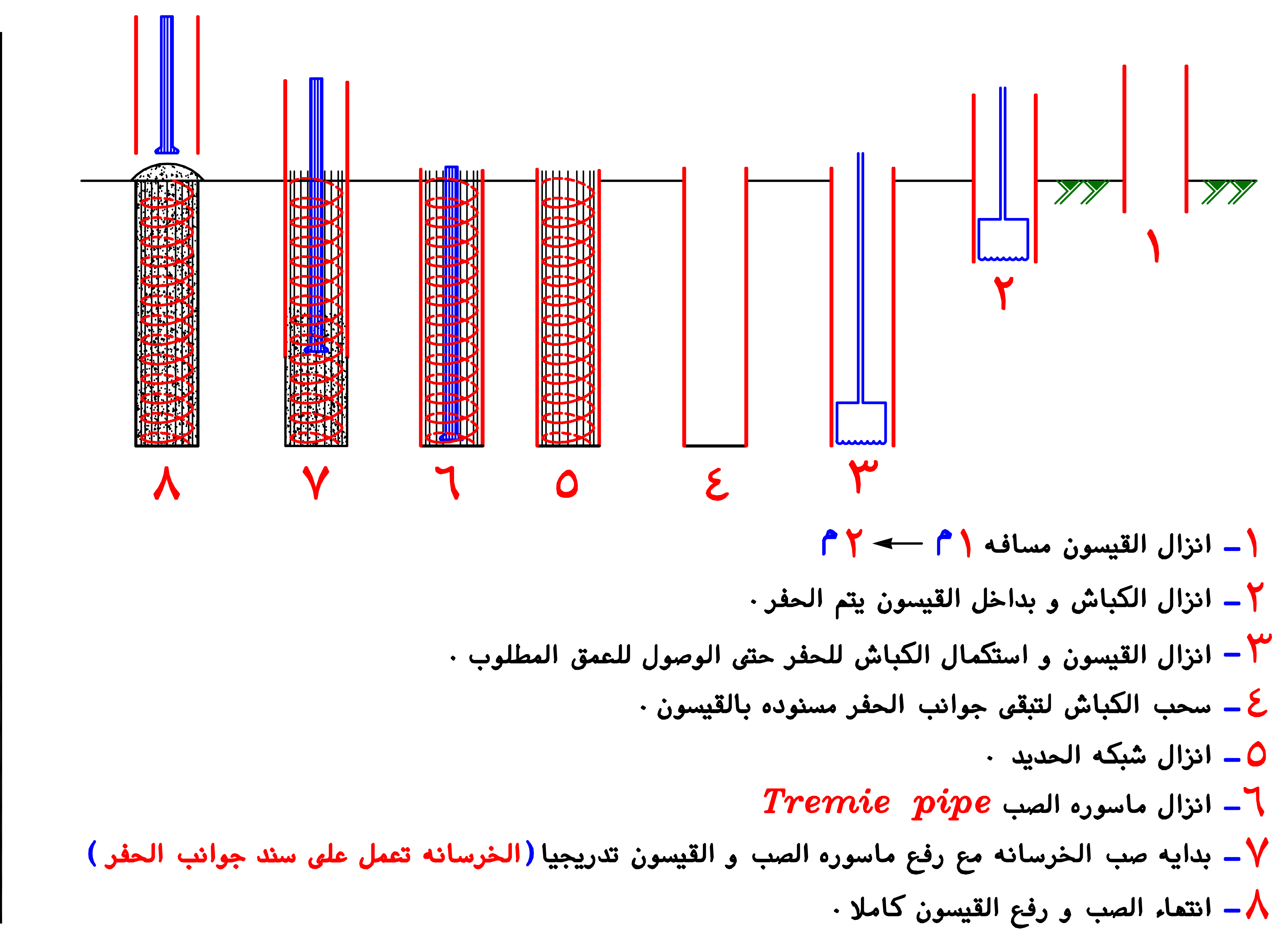
* و تدريجيا يتم دق الماسوره لعمق أكبر ثم يكمل الكباش الحفر داخلها حتى الوصول للعمق المطلوب .

* فى النهايه يكون مكان الخازوق مفرغ و جوانبه مسنوده بالقيسون .

* ثم يتم انزال شبكه التسليح داخل الماسوره و كذلك يتم انزال ماسوره الصب .

* و أثناء صب الخرسانه يتم رفع القيسون تدريجيا .

يستخدم هذا النوع فى حاله الخوازيق ذات الاطوال الصغيره (مثلا أقل من ١٢م) حتى لا تستخدم مواسيير (قيسونات) طويله لتوفير تكلفتها العاليه .



١ـ انزال القيسون مسافه ١ م ← ٢ م

٢ـ انزال الكباش و بداخل القيسون يتم الحفر .

٣ـ انزال القيسون و استكمال الكباش للحفر حتى الوصول للعمق المطلوب .

٤ـ سحب الكباش لتبقى جوانب الحفر مسنوده بالقيسون .

٥ـ انزال شبكه الحديد .

٦ـ انزال ماسوره الصب ***Tremie pipe***

٧ـ بدايه صب الخرسانه مع رفع ماسوره الصب و القيسون تدريجيا (الخرسانه تعمل على سند جوانب الحفر)

٨ـ انتهاء الصب و رفع القيسون كاملا .

2- Using bentonite slurry. باستخدام البنتونيت

حيث يتم استخدام معلق البنتونيت فى سند جوانب الحفر بدلا من القيسون .

Where:

Bentonite is a clay material with very high liquid limit.

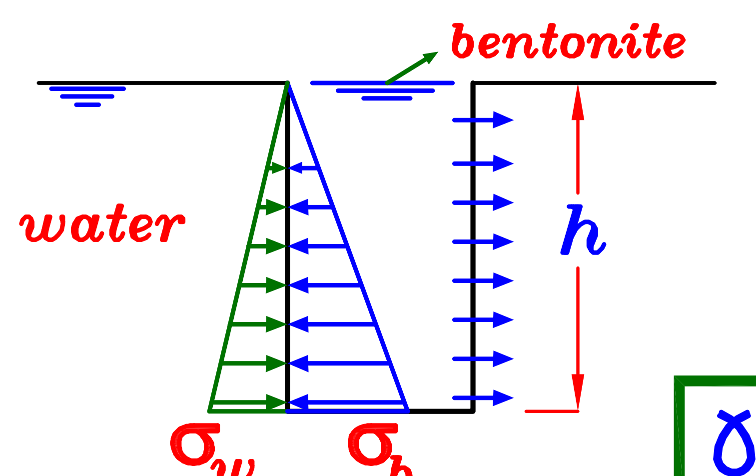
Bentonite slurry = Bentonite + Water.

* حيث يتم خلط البنتونيت (حبيبات جافه من الطين بورده) بالماء ليعطى معلق ذو كثافه أكبر قليلا من الماء .

$$\gamma_{bentonite} = 1.02 \longrightarrow 1.05 \ gm/cm^3$$

* يتم ضخ البنتونيت داخل الحفر أثناء الحفر بالبريمه أو الكباش و بالتالى بعد انتهاء الحفر تكون الحفره مليئه بالبنتونيت الذى هو أثقل من الماء و بالتالى تكون له القدره على التسرب قليلا من الحفره الى التربه الجانبيه خلال فرغات التربه مما يجعله يسد مسام التربه و يعمل كغشاء مشدود على سطح جوانب و قاع الحفر (Mud cack)

مما يمنع تسرب المياه الجوفيه الى الحفره أو حتى انهيار جوانب الحفر .



σ_w = Water Pressure

$= \gamma_w * h$

σ_b = bentonite pressure

$= \gamma_{bentonite} * h$

$$\gamma_b > \gamma_w \longrightarrow \sigma_b > \sigma_w$$

* بعد ذلك يتم انزال تسليح الخازوق بطريقه عاديه فتطرد جزء من البنتونيت من داخل الحفره بسبب الوزن الثقيل للشبكه .

* ثم يتم صب الخرسانه من أسفل لاعلى كالمعتاد فتقوم بطرد الجزء المتبقى من البنتونيت .

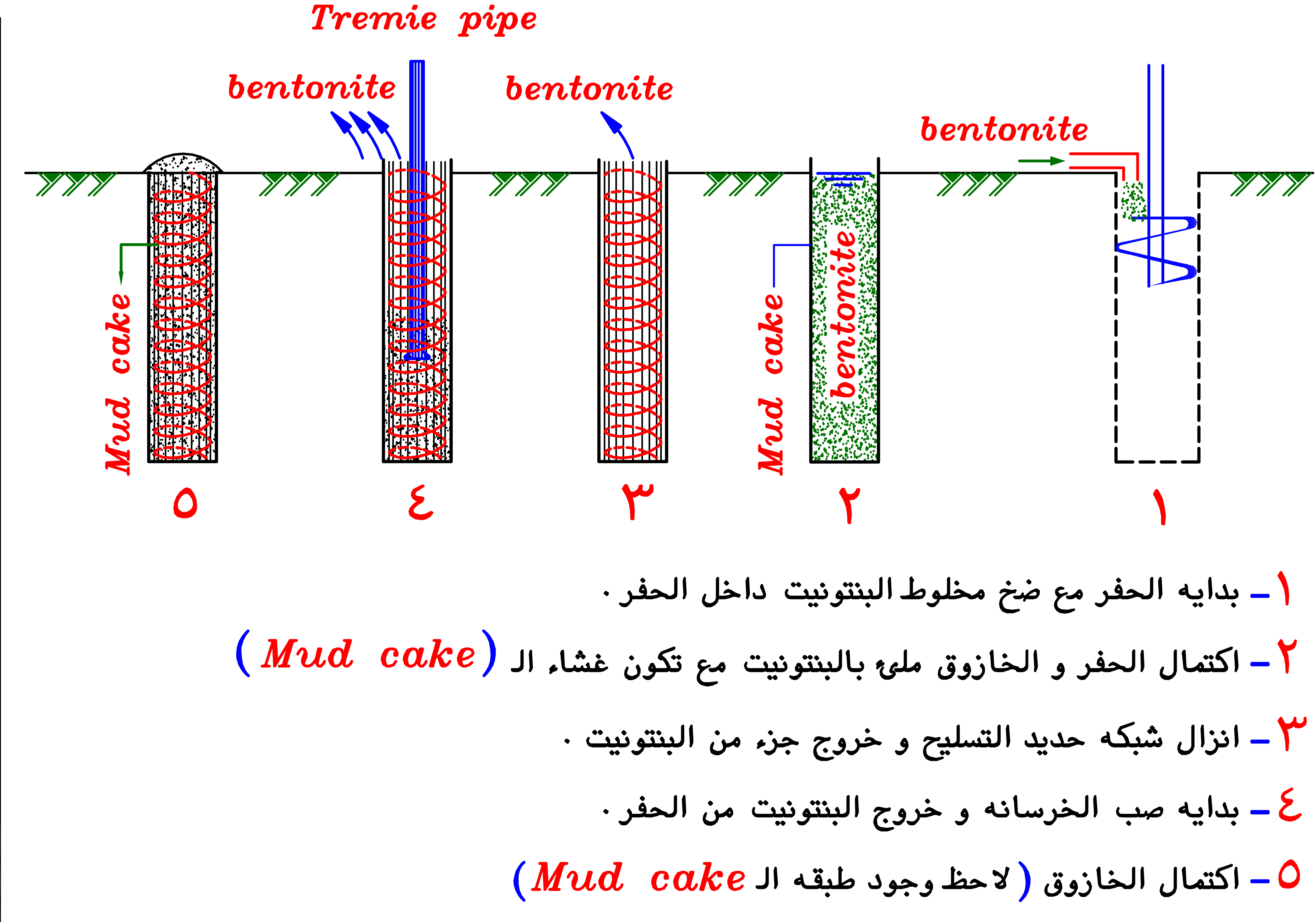
* لاحظ انه بعد انتهاء صب الخرسانه لا يتبقى من البنتونيت داخل الخازوق سوى الغشاء على جوانب الخازوق (*Mud cake*)

من اهم عيوب البنتونيت .

وجود غشاء (*Mud cake*) يلغى مقاومه الاحتكاك على جوانب الخازوق .

من اهم مميزات البنتونيت .

* سهل الاستخدام .
* رخيص التكلفه (ارخص من القيسون)



١ــ بدايه الحفر مع ضخ مخلوط البنتونيت داخل الحفر .

٢ــ اكتمال الحفر و الخازوق ملىء بالبنتونيت مع تكون غشاء ال (Mud cake)

٣ــ انزال شبكه حديد التسليح و خروج جزء من البنتونيت .

٤ــ بدايه صب الخرسانه و خروج البنتونيت من الحفر .

٥ــ اكتمال الخازوق (لاحظ وجود طبقه ال Mud cake)

3 - Using dry boring. الحفر الجاف

* حيث يتم الحفر بدون سند جوانب الحفر سواء بالقيسون أو البنتونيت .

يستخدم هذا الاسلوب فى الاحوال الاتيه :

١- الحفر فى تربه قويه مثل الرمل الكثيف جدا ، الطين الشديد التماسك أو الصخر .

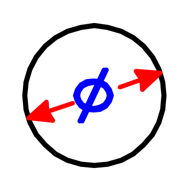
٢- عدم وجود منسوب ماء جوفى .

* و بعد استكمال الحفر الجاف تتم بقيه الخطوات عادى .

- انزال شبكه حديد التسليح .
- ثم صب الخرسانه .

من اهم مميزات خوازيق الحفر .

- التكلفه الرخيصه نسبيا بالنسبه للانواع الاخرى من الخوازيق .
- يصلح بابعاد كبيره جدا L up to $(50\ m \rightarrow 60\ m)$



ϕ up to $1.50\ m$

- يصلح فى جميع أنواع التربه (حتى الصخر) .

من اهم عيوب خوازيق الحفر .

- معدلات التنفيذ بطيئه جدا خاصه مع وجود أبعاد كبيره للخازوق .

* Cast in place piles. خوازيق تصب فى مكانها

2- Driven Piles. (Displacement piles)

* خوازيق الدق
* خوازيق الازاحه

Zero = حجم الحفر

* يشبه هذا النوع النوع السابق (خوازيق الحفر) و لكن الاختلاف فى طريقه تفريغ مكان الخازوق من التربه .

* حيث يتم استخدام ماسوره مفرغه ذات نهايه مغلقه أو قطاع صندوقى مربع ذو نهايه مغلقه فى ازاحه التربه لاسفل عند الدق عليها .

- يستمر الدق على الماسوره المغلقه فتزيح التربه لاسفل حتى الوصول الى العمق المطلوب (مع ملاحظه ان الجزء المدبب فى نهايه الماسوره يساعد على اختراق التربه)

casing

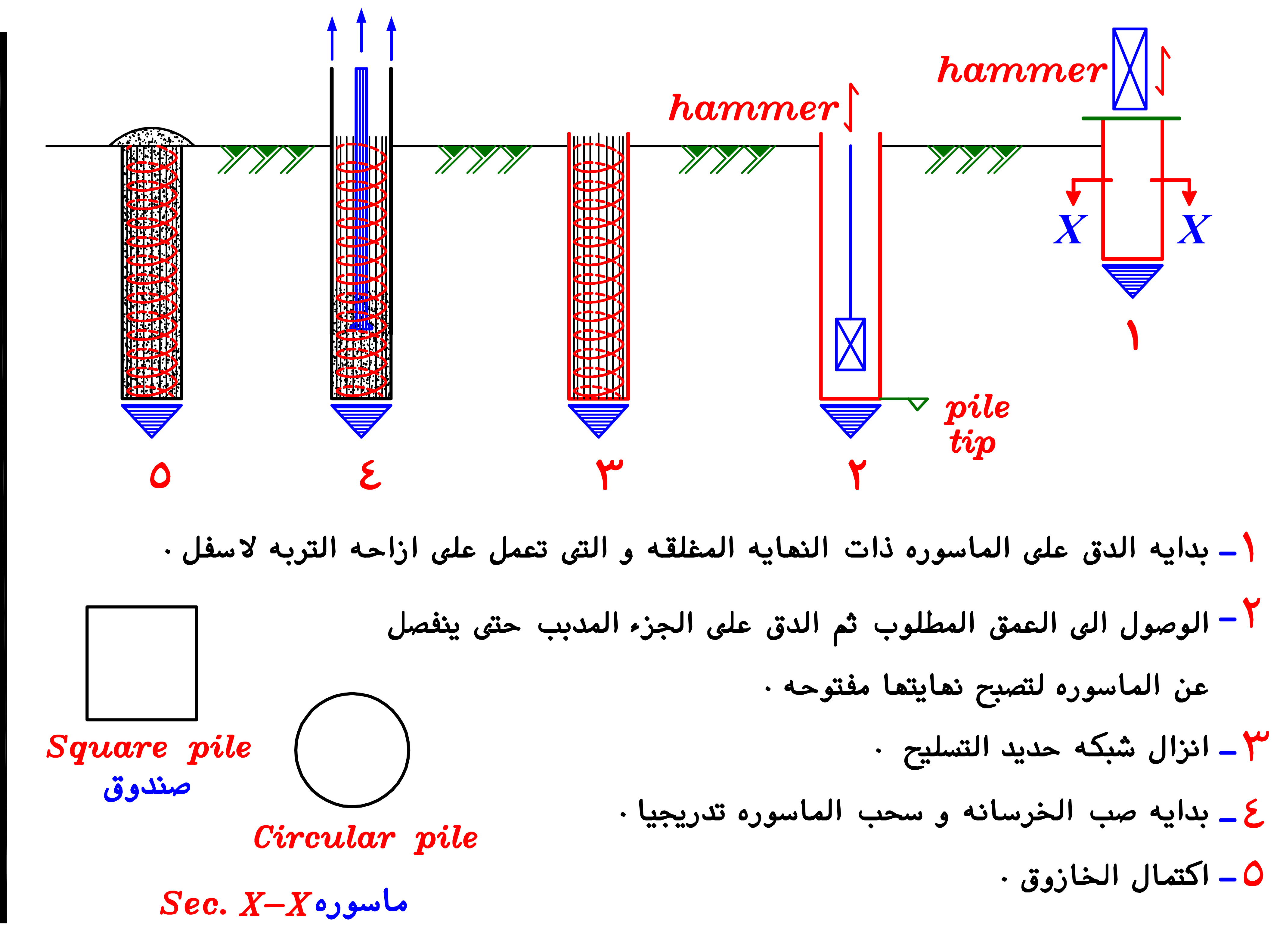
lost part

- عند الوصول الى العمق المطلوب يتم الدق الشديد على الجزء المدبب حتى ينفصل عن الماسوره و ذلك الدق يكون من داخل الماسوره .

- يتم انزال شبكه حديد التسليح ثم بعد ذلك يتم صب الخرسانه من خلال ال Tremie pipe .

- أثناء صب الخرسانه بالتدريج يتم سحب الماسوره casing حتى لا تنهار التربه .

* لاحظ انه فى هذا النوع لا نستخدم أسلوب من الاساليب السابقه فى سند جوانب الحفر لان الماسوره casing تقوم بنفسها بسند جوانب الخازوق لذلك ترفع تدريجيا بعد صب الخرسانه .



١ – بدايه الدق على الماسوره ذات النهايه المغلقه و التى تعمل على ازاحه التربه لاسفل .

٢ – الوصول الى العمق المطلوب ثم الدق على الجزء المدبب حتى ينفصل عن الماسوره لتصبح نهايتها مفتوحه .

٣ – انزال شبكه حديد التسليح .

٤ – بدايه صب الخرسانه و سحب الماسوره تدريجيا .

٥ – اكتمال الخازوق .

من اهم مميزات خوازيق الدق .

١ـ سرعه معدل التنفيذ .

٢ـ عمليه الدق تؤدى الى عمل دمك للتربه المحيطه بالخازوق و بالتالى تتحسن خواص هذه التربه و ينتج عن ذلك مقاومه احتكاك عاليه على جسم الخازوق .

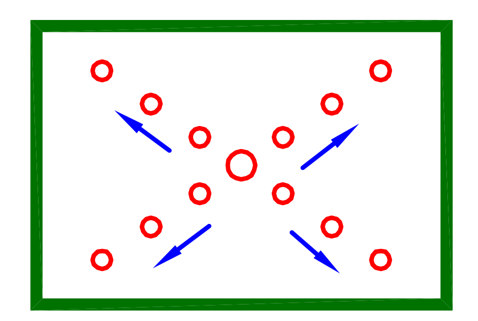
من اهم عيوب خوازيق الدق .

١ـ عالى التكلفه .

٢ـ تؤدى الاهتزازات الناتجه عن عمليه الدق الى حدوث أضرار بالمنشات المجاوره .

لذلك لا تستخدم خوازيق الدق بجوار منشات قائمه

٣ـ عمليه تكثيف التربه الناتجه عن الدمك الناتج عن الدق يستلزم معها تنفيذ الخوازيق بترتيب معين (من وسط الموقع الى الاطراف) و ليس العكس .



٤ـ لا تصلح هذه النوعيه من الخوازيق فى حاله التربه القويه نظرا لصعوبه الدق فيها أو لان الدق فى هذه الحاله سيؤدى الى ظهور شروخ فى هذه التربه فتقل مقاومه الاحتكاك للخازوق .

٥ـ لا يصلح هذا النوع من الخازوق فى حاله الابعاد الكبيره .

$$L \ngtr (12\,m \rightarrow 20\,m)$$

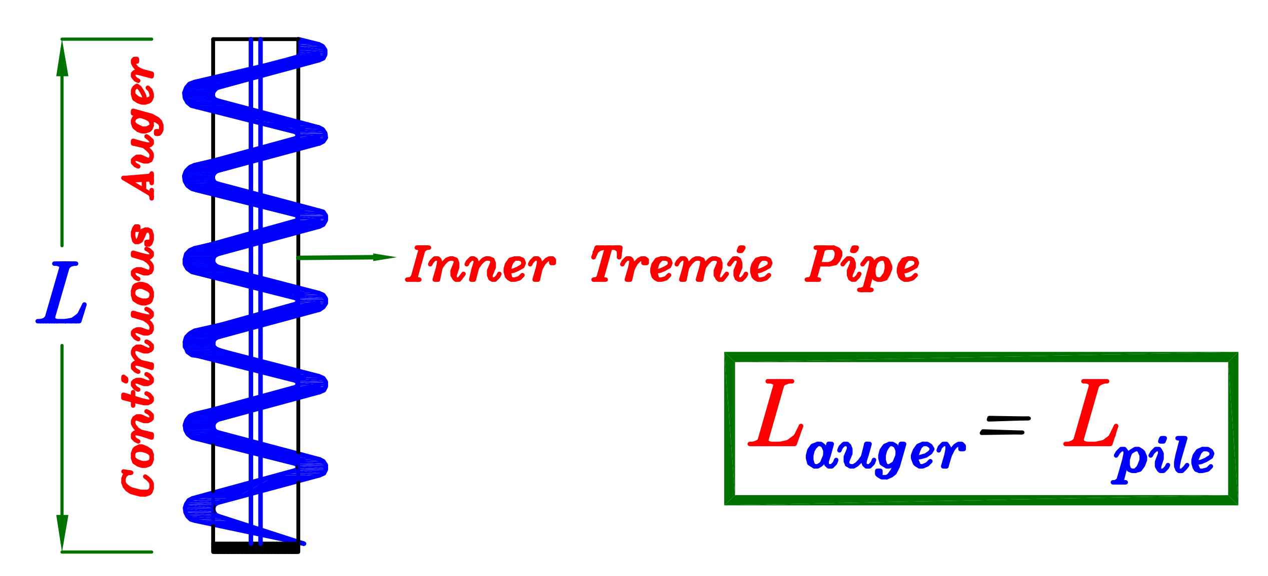
$$\phi \ngtr 0.60\,m$$

* Cast in place piles. خوازيق تصب فى مكانها

3- Continuous Flight auger piles. (CFA piles)

* هذا النوع من الخوازيق يعتبر
Semi bored – Semi driven piles.

*حيث يتم استخدام ماكينه خاصه فى تنفيذ الخازوق ، و هى عباره عن ماسوره كبيره ذات (طبه) فى نهايتها و يلف عليها بريمه قويه على كامل طول الماسوره و الذى يكون هو نفسه طول الخازوق .



$$L_{auger} = L_{pile}$$

* حيث تعمل البريمه على حفر جزء من التربه بينما الماسوره ذات الطبه تعمل على ازاحة جزء اخر من التربه .

و بالتالى يكون : الحجم المحفور > حجم الخازوق

Steps of CFA pile construction.

١– يتم انزال الماكينه فى مكان الخازوق حيث تبدأ الماكينه فى عمل حركه دورانيه (البريمه تقطع فى التربه) مع حركه رأسيه لاسفل (ضغط رأسى يجعل الماسوره ذات الطبه تزيح التربه لاسفل) .

٢– تستمر الماكينه فى الحركه حتى الوصول الى العمق المطلوب .

٣– تفتح الطبه و الماكينه مازالت داخل الحفره .

٤– يتم صب الخرسانه من خلال *Tremie Pipe* داخل الماسوره الرئيسيه و بالتالى يتم صب الخرسانه من أسفل الخازوق .

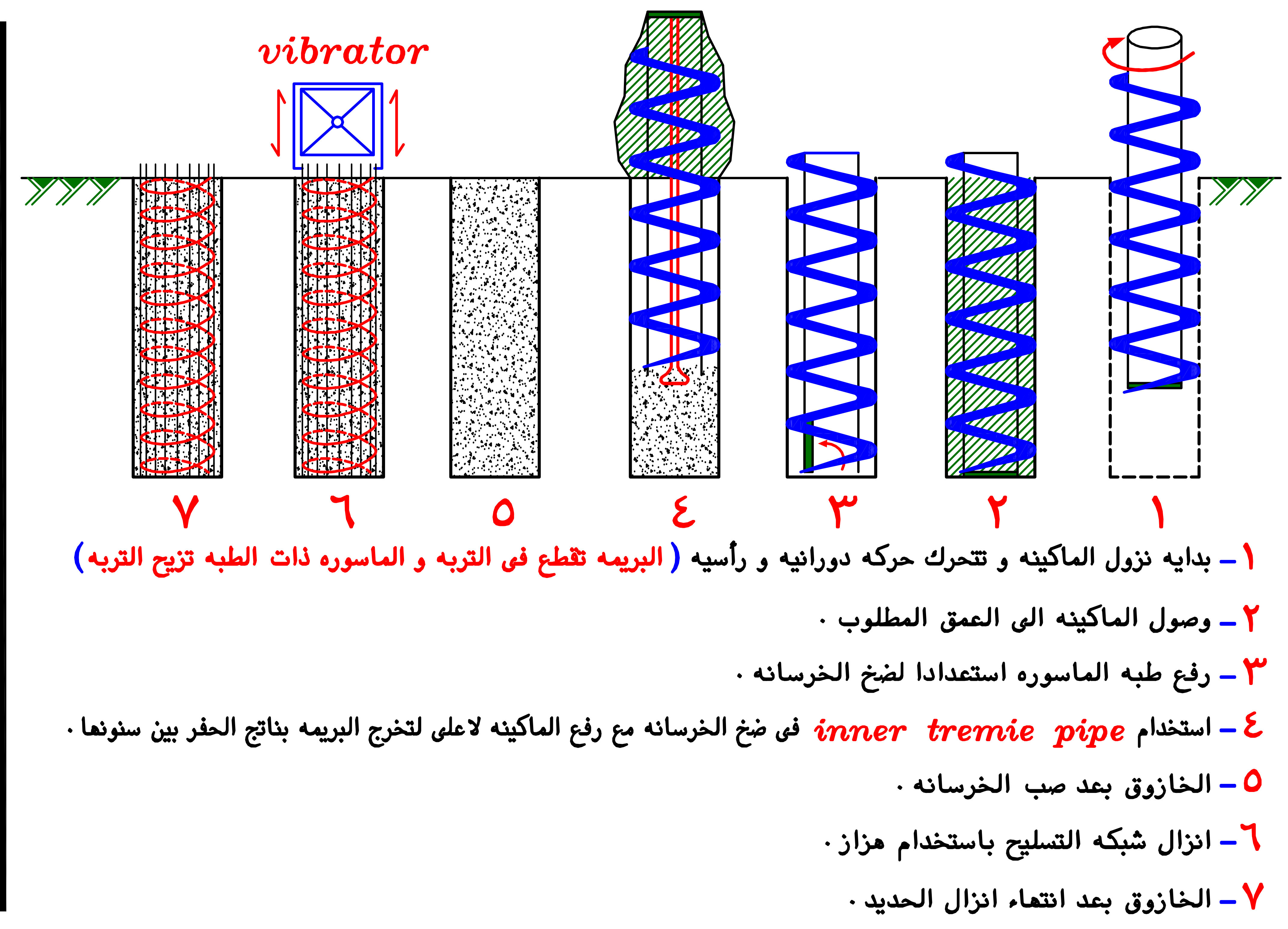
٥– نبدأ فى سحب الماكينه بالتدريج فتخرج سنون البريمه محمله بناتج الحفر مع الاستمرار فى ضخ الخرسانه .

٦– تسحب البريمه و الماسوره بالكامل خارج الخازوق فيتبقى مكان الخازوق ملئ بالخرسانه .

٧– يتم انزال شبكه الحديد داخل الخرسانه بسرعه قبل تصلدها و ينزل الحديد تحت تاثير وزنه أو باستخدام هزاز .

سند جوانب الحفر .

- نلاحظ انه فى هذا النوع من الخوازيق لا نستخدم أسلوب لسند جوانب الحفر و ذلك لان الماكينه (ماسوره + بريمه لها نفس مقاس قطاع الخازوق) تقوم بنفسها بسند جوانب الحفر حتى صب الخرسانه و سحب الماكينه بالتدريج .



١ـ بدايه نزول الماكينه و تتحرك حركه دورانيه و رأسيه (البريمه تقطع فى التربه و الماسوره ذات الطبه تزيح التربه)

٢ـ وصول الماكينه الى العمق المطلوب .

٣ـ رفع طبه الماسوره استعدادا لضخ الخرسانه .

٤ـ استخدام *inner tremie pipe* فى ضخ الخرسانه مع رفع الماكينه لاعلى لتخرج البريمه بناتج الحفر بين سنونها .

٥ـ الخازوق بعد صب الخرسانه .

٦ـ انزال شبكه التسليح باستخدام هزاز .

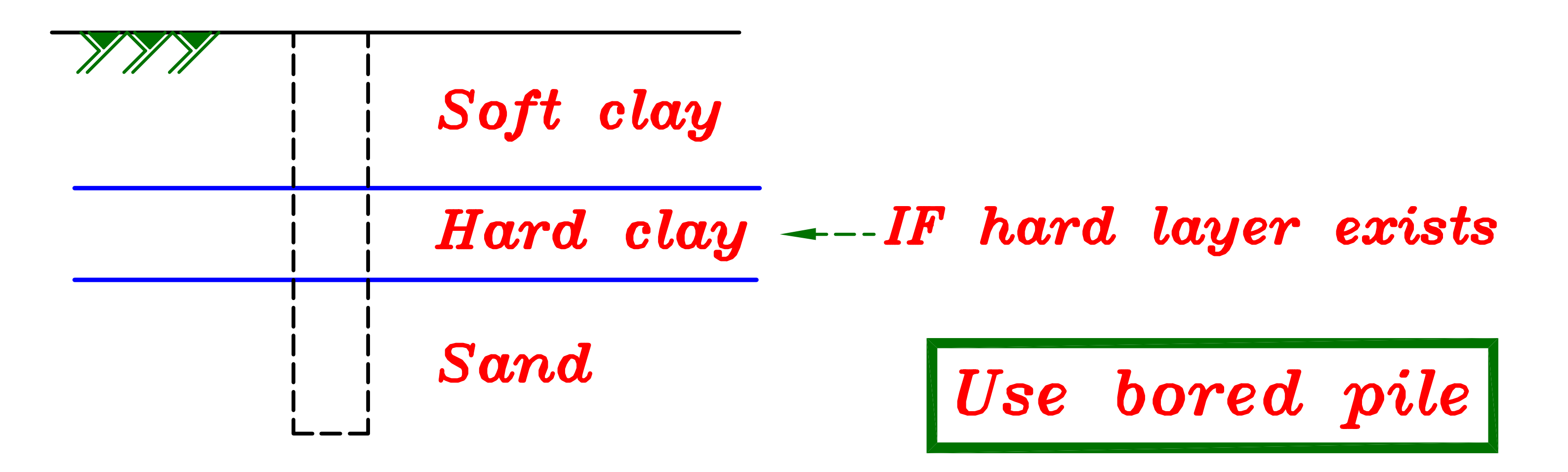
٧ـ الخازوق بعد انتهاء انزال الحديد .

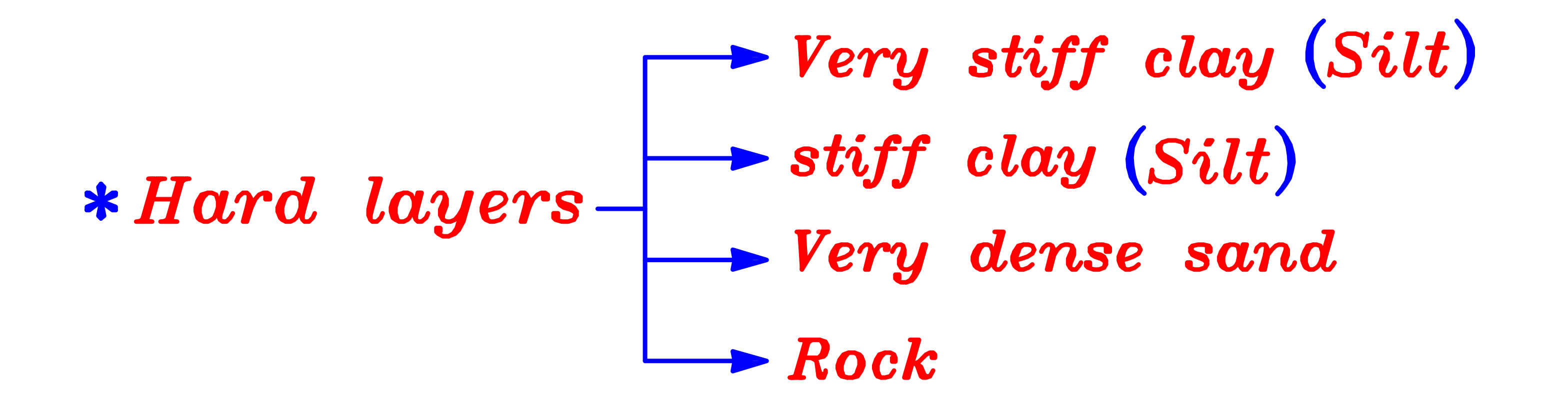
ملحوظه هامه جدا .

- يتم تحديد نوع الخازوق (Driven – bored) على حسب طبيعه طبقات التربه .

بمعنى :

أنه اذا تواجدت طبقه قويه فى قطاع التربه المطلوب تنفيذ الخوازيق به لا تستخدم خوازيق دق Driven و ذلك لصعوبه تنفيذها و لكن تستخدم خوازيق الحفر bored





Determination of suitable R.C pile type.

according to problem conditions.

تحديد نوع الخازوق (Denriven or Bored) تبعا لظروف المشكله .

	Problem Conditions	Suitable R.C pile type
1	Square piles	Driven only
2	Circular piles	Driven or Bored
3	Precast piles	Driven only
4	Cast in place piles	Driven or Bored
5	Pile diameter is more than 60 cm (large diameter pile)	Bored only
6	Adjacent buildings exist beside the site وجود مبانى مجاوره للموقع	Bored only
7	The soil profile incorporates a hard layer قطاع التربه يحتوى على طبقه قويه	Bored only

تكسير هامات الخوازيق الخرسانيه المسلحه .

* بعد انتهاء تنفيذ أى نوع من الانواع السابقه من الخوازيق الخرسانيه المسلحه لابد من تكسير جزء من بدايه الخازوق (هامه الخازوق) بمسافه تعادل سمك القاعده الخرسانيه المسلحه التى سوف تصب و تنفذ لتحمل على هذه الخوازيق .

* و ذلك لامكانيه كشف حديد تسليح الخازوق فى هذا الجزء لكى يدخل فى القاعده المسلحه .

و يتم ذلك على الخطوات الاتيه .

١ـ يتم حفر مسافه تعادل تخانه القاعده المسلحه من سطح التربه لكشف جسم الخازوق خلال هذه المسافه .

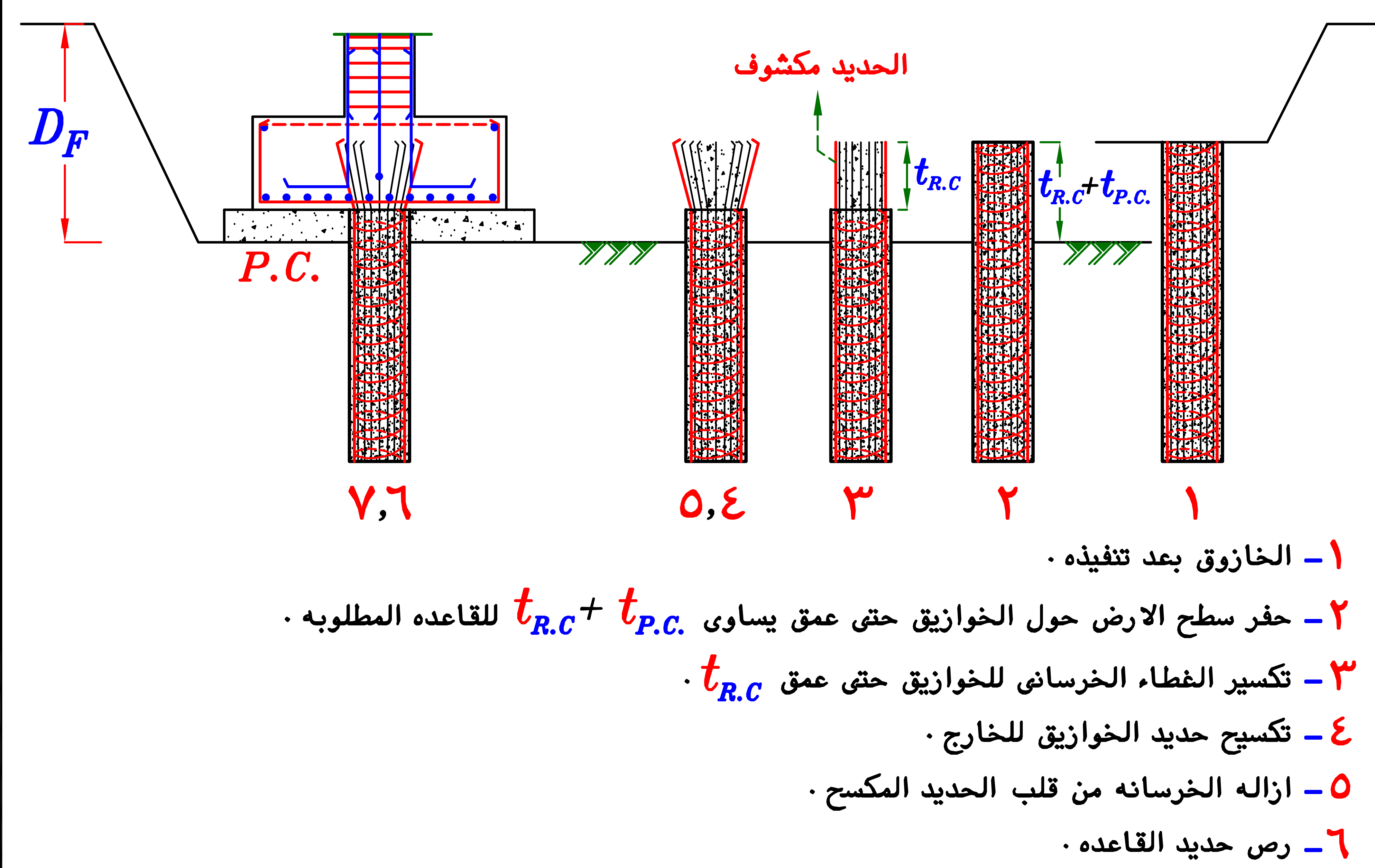
٢ـ يتم تكسير الغطاء الخرسانى للخازوق لكشف حديد تسليحه (تكسير يدوى).

٣ـ يتم تكسيح حديد الخوازيق المكشوفه للخارج .

٤ـ يتم تكسير الخرسانه و تنظيفها من داخل الجزء المكشوف .

٥ـ يتم عمل الشده الخشبيه و رص حديد تسليح القاعده الخرسانيه .

٦ـ يتم صب خرسانه القاعده .



١- الخازوق بعد تنفيذه .

٢- حفر سطح الارض حول الخوازيق حتى عمق يساوى $t_{P.C.} + t_{R.C}$ للقاعده المطلوبه .

٣- تكسير الغطاء الخرسانى للخوازيق حتى عمق $t_{R.C}$.

٤- تكسيح حديد الخوازيق للخارج .

٥- ازاله الخرسانه من قلب الحديد المكسح .

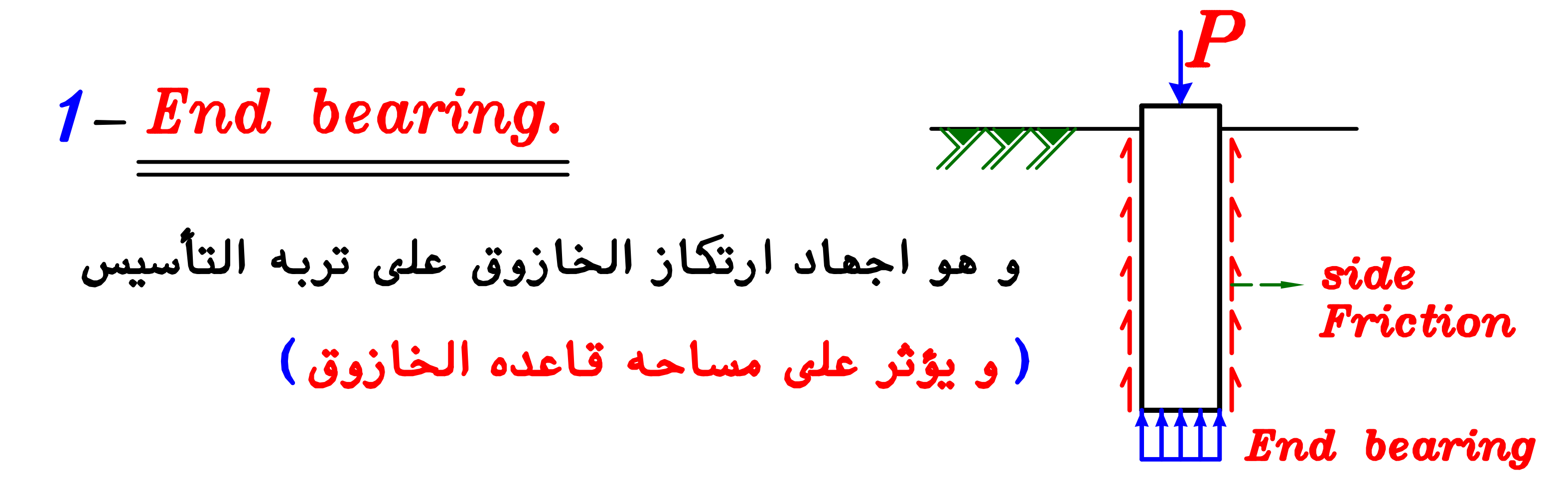
٦- رص حديد القاعده .

٧- صب خرسانه القاعده .

Load transfer From pile to soil.

انتقال الحمل من الخازوق للتربه .

* تنتقل الاحمال الرأسيه من الخازوق مباشره الى التربه عن طريق :



1- End bearing.

و هو اجهاد ارتكاز الخازوق على تربه التأسيس

(و يؤثر على مساحه قاعده الخازوق)

2- Side Friction.

(Skin Friction & Shear resistance & shaft resistance)

و هو اجهاد الاحتكاك الجانبى بين التربه المدفون فيها الخازوق و بين جسم الخازوق

و يؤثر على المساحه الجانبيه للخازوق .

ملحوظه هامه

قد تنتقل الاحمال من الخازوق الى التربه عن طريق :

1- End bearing only (End bearing pile)

2- Side Friction only (Friction pile)

3- End bearing + Side Friction.

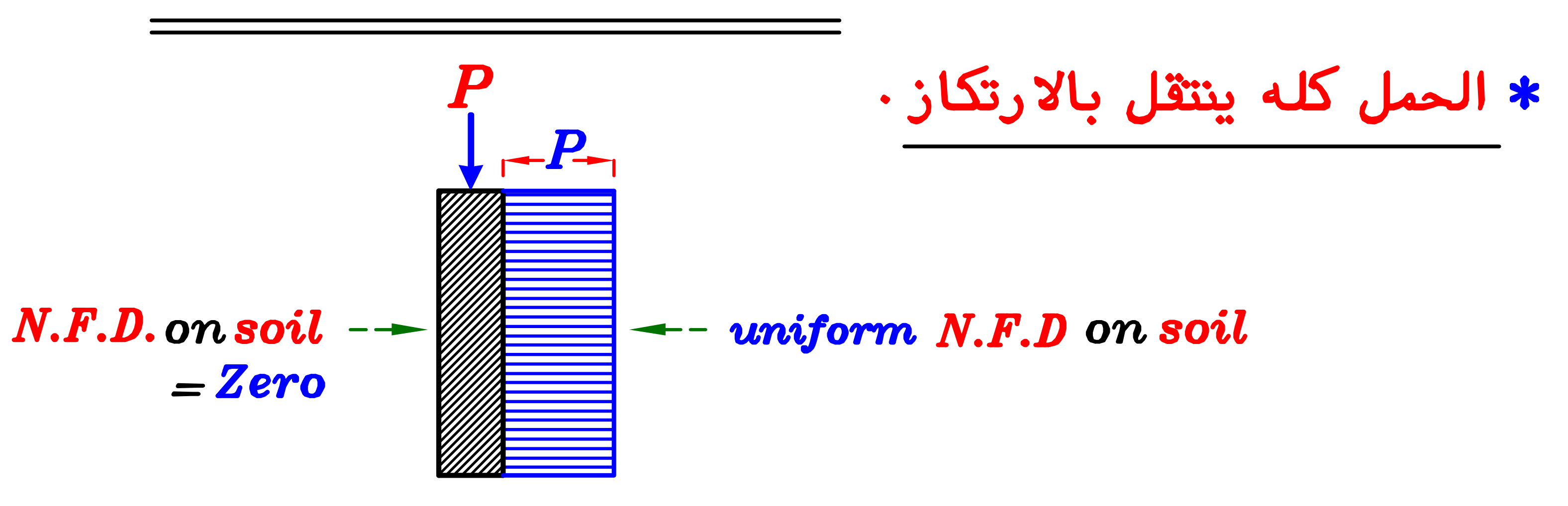
Normal Force diagrams during load transfer.

1- For Friction pile.

* الحمل كله ينتقل بالاحتكاك الجانبى .

2- For end bearing pile.

* الحمل كله ينتقل بالارتكاز .



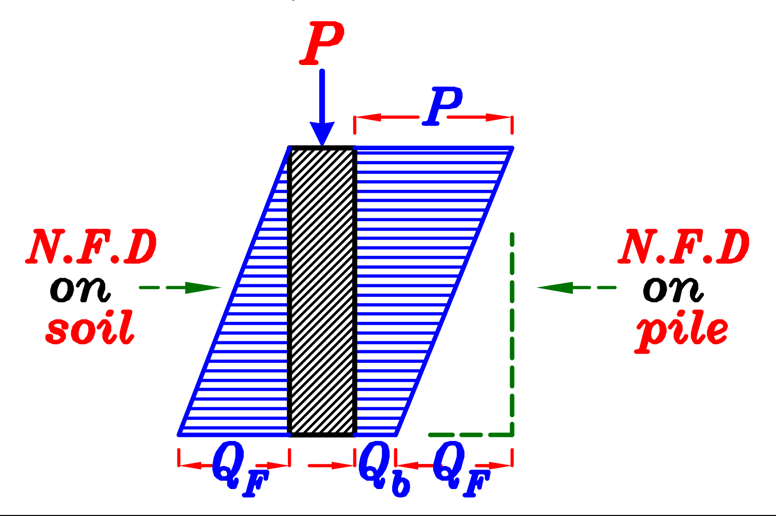
3- For bearing – Friction pile.

* جزء من الحمل ينتقل بالاحتكاك أولا ثم جزء أخر ينتقل بالارتكاز ثانيا .

Q_b = bearing

Q_F = Friction

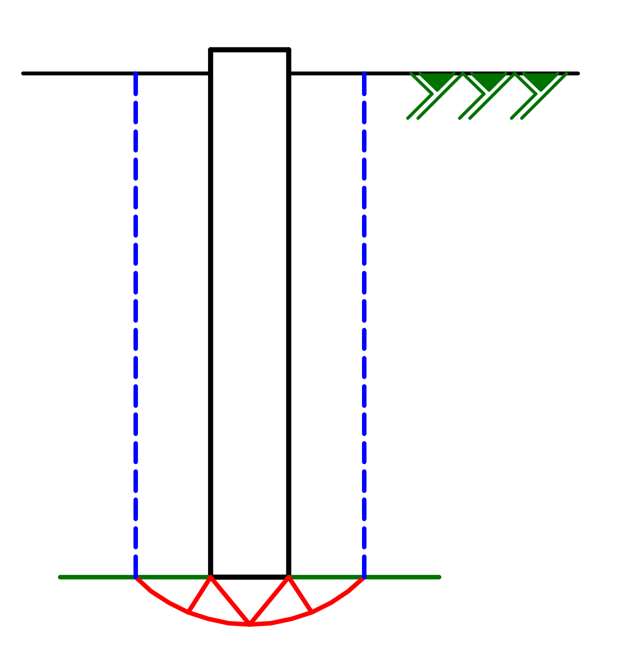
$$P = Q_F + Q_b$$

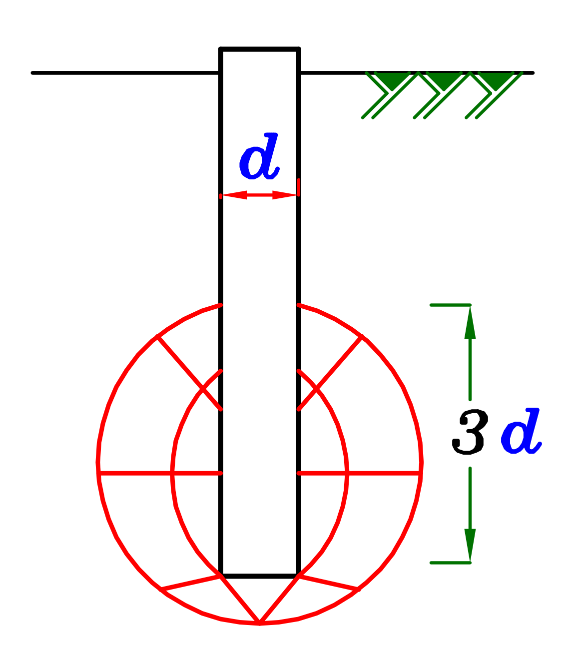


Slip Surfaces in case of piles.

أشكال انهيار التربه حول الخوازيق .

- ## According to Terzaghi.





- **Failure at pile tip.**
- **For end bearing pile**

- **Local Failure**
- **For Friction piles and bearing – Fraction pile**

Pile capacity (Q_{all})

قدره تحمل الخازوق .

هى أكبر قوه محوريه (ضغط أو شد) يستطيع الخازوق الواحد أن يتحملها بأمان .

Pile capacity (Q_{all}).

Is the maximum safe axial Force (compression or tension) can be carried safely by a single pile.

Methods of pile capacity determination.

طرق تحديد قدره تحمل الخازوق .

1- ***Structural Formula.***

2- ***Statical Formula.***

3- ***Pile capacity and pile settlement For large diameter bored piles.***

4- ***Dynamic Formula.***

5- ***Field tests. (S.P.T – C.P.T – Pile load test)***

Methods of pile capacity determination.

1- Pile capacity From structural Formula.

* في هذه الطريقه تم تحديد قدره تحمل الخازوق من خلال قدره تحمل قطاع الخازوق الخرسانى فى الضغط و الشد .

* تطبق هذه الطريقه دائما على جميع أنواع الخوازيق مهما كانت ابعاد الخازوق .

a- In case of Compression pile.

$$Q_{all(pile)} = A_{pile} * F_{co}$$

Where: $Q_{all(pile)}$ = allowable compression load per single pile.

A_{pile} = cross sectional area of pile.

$A_{pile} = \frac{\pi}{4} d^2$ (d) $\qquad A_{pile} = d^2$ (d, d)

F_{co} = axial compressive strength of concrete.

$= 4.0 \longrightarrow 5.0 \ N/mm^2$

b- In case of Tension pile.

$$T_{all(pile)} = n * A_{\phi} * F_s$$

Where: $T_{all(pile)}$ = allowable tension load per single pile.

n = number of R.F.T. bars.

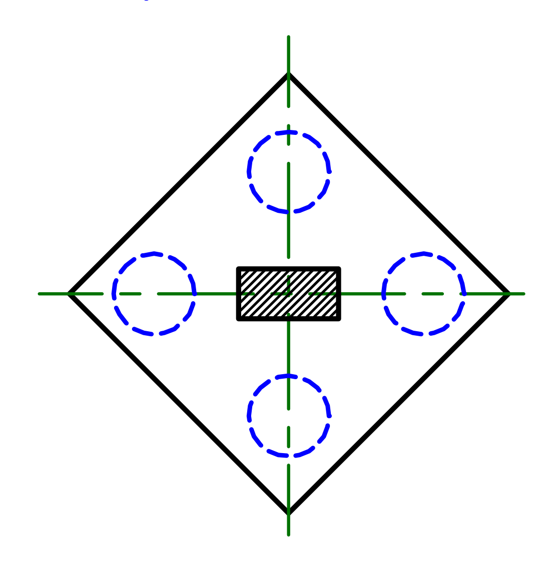
A_{ϕ} = مساحه مقطع السيخ $(n * A_{\phi} = A_s)$

$F_s = 160 \ N/mm^2$ For ϕ $F_y = 360 \ N/mm^2$

$= 140 \ N/mm^2$ For ϕ $F_y = 240 \ N/mm^2$

Example.

For the shown pile cap if the total column load is 2000 KN determine the pile diameter if $F_{co} = 4.50\ N/mm^2$



Solution.

- The used No. of piles = 4 piles
- $P_{col} = 2000\ KN$

o.w. pile cap

$\therefore$ Load per pile $= \dfrac{1.15 * 2000}{4} = 575\ kN$

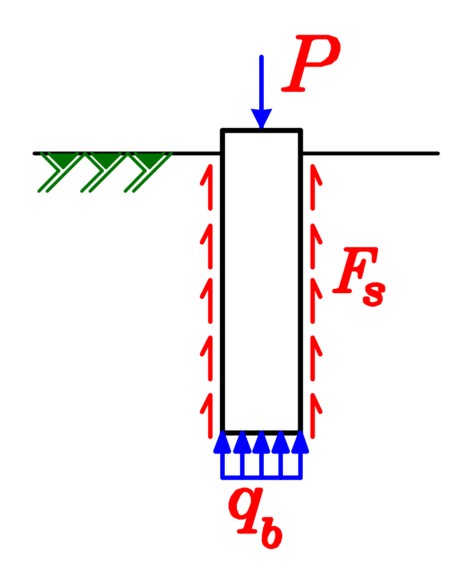
$\therefore\ Q_{all(pile)} = 575\ KN = A_{pile} * F_{co}$

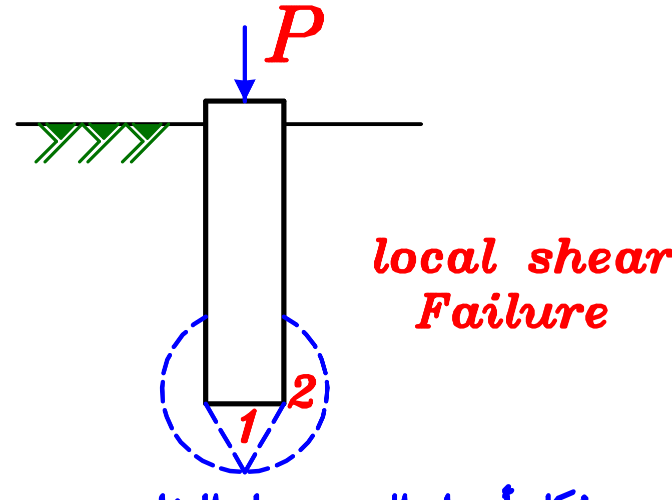
$\therefore\ 575 * 10^3 = \dfrac{\pi}{4}\ d^2 * 4.5 \longrightarrow d_{pile} = 403\ mm$

$\therefore$ **Pile diameter = 450 mm**

2 – Statical Formula. طريقه المعادله الاستاتيكيه

- For Bored or Driven piles.
- For piles diameter ⩽ 60 cm





شكل أنهيار التربه حول الخازوق

عند وصول الحمل P الى اقصى قيمه

* نلاحظ من شكل انهيار التربه أن مقاومه التربه حول الخازوق انقسمت الى جزئين :

1 – Bearing. ---------► ارتكاز

2 – Side Friction. ---► احتكاك جانبى

* عندما يتعرض الخازوق لحمل خارجى P فان هذا الحمل يقاوم باقصى رد فعل للتربه قبل الانهيار مباشره Q_{ult} على الخازوق نتيجه اجهاد ارتكاز q_b مع اجهاد احتكاك جانبى F_s

* و بالتالى تكون مقاومه الخازوق القصوى Q_{ult} مقسمه الى جزئين :

١– جزء يعتمد على قوه الارتكاز Q_b حيث

$$Q_b = q_b * A_{base}$$

(q_b) is the bearing capacity of soil below the pile base

٢ - جزء يعتمد على قوه الاحتكاك الجانبى Q_s حيث

$$Q_s = F_s * A_{side}$$

where F_s = Side Friction resistance

و بالتالى تكون مقاومه الخازوق القصوى

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

Where : Q_{ult} = Ultimate pile capacity.

Q_b = Bearing resistance Force.

Q_s = Side Friction resistance Force.

$$\therefore \quad Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.O.S.}$$

Where : Q_{all} = allowable pile capacity

F.O.S = Factor of safety

= 3.0 فى حاله الاحمال العاديه

D.L + L.L

= 2.50 فى حاله الاحمال الثانويه مثل الرياح

= 2.0 فى حاله احمال الزلازل

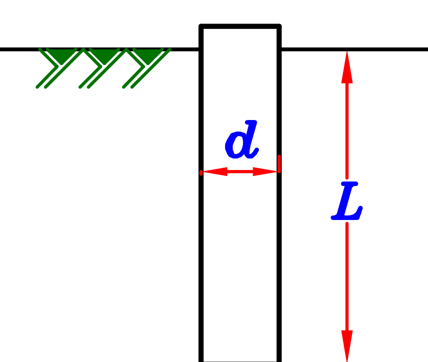
---

* يعتمد حساب F_s , q_b المستخدمين فى حساب Q_{ult}

على نوع التربه المدفون فيها الخازوق .

a- For (C- soil)

$C = \checkmark\checkmark$
$\phi = Zero$



$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$
$$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$$

Where : A_b = area of pile base.

$= \frac{\pi}{4} d^2$ For circular pile

$= d^2$ For square pile

A_s = area of pile sides.

$= \pi \, dL$ ⟶ For circular pile

$= 4 \, dL$ ⟶ For square pile

* $q_b = C * N_c$ while $N_c = 9.0$, $C = C_{soil}$

* $F_s = C_a$ = adhesion strength of soil.

$F_s = \alpha * C_{soil}$ $\ngtr$ 100 kN/m^2, 10 t/m^2, 1.0 Kg/m^2

Where : $\alpha = 0.35$ For bored piles

$\alpha C_{soil} = \checkmark\checkmark$ For driven piles From table (4-4)

من جداول على حسب C_{soil}

b - For (ϕ - soil)

$\phi = ✓✓$
$C = Zero$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$
$$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$$

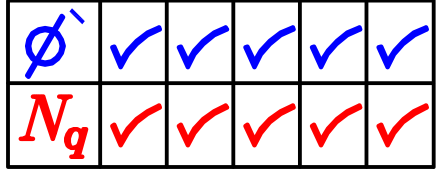
Where : $q_b = q * N_q$

* q = *Effective stress at pile tip.*

الاجهادات الفعاله عند نهايه الخازوق بدايه من سطح التربه

$N_q \rightarrow$ *From table* (4-5)

حيث ندخل الجدول بقيمه $\phi`$ و منها نحدد قيمه N_q



$\phi`$	✓	✓	✓	✓	✓
N_q	✓	✓	✓	✓	✓

و يتم حساب قيمه $\phi`$ التى تعتمد على كلا من ϕ_{soil} و نوع الخازوق .

$$\phi` = \frac{\phi_{soil} + 40}{2}$$ *For driven piles*

$$\phi` = \phi_{soil} - 3^{o}$$ *For bored piles*

* $$F_s = K_{HC} * \sigma` * \tan\delta$$

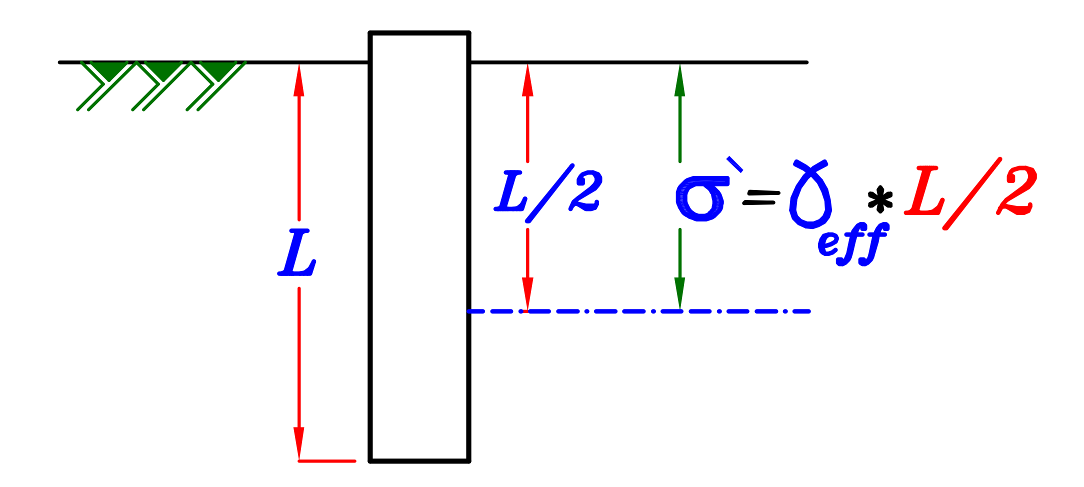
While : K_{HC} is *the Coefficient of earth pressure on pile in case of compression loading.*

From table (4-6) على حسب نوع الخازوق

* δ هى زاويه الاحتكاك بين التربه و جسم الخازوق

$$\delta = \frac{3}{4}\phi_{soil}$$

* σ' = effective stress at the middle of pile length subjected to the soil Friction.



C – For (C – φ soil)

$C = \checkmark\checkmark$

$\phi = Zero$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$$

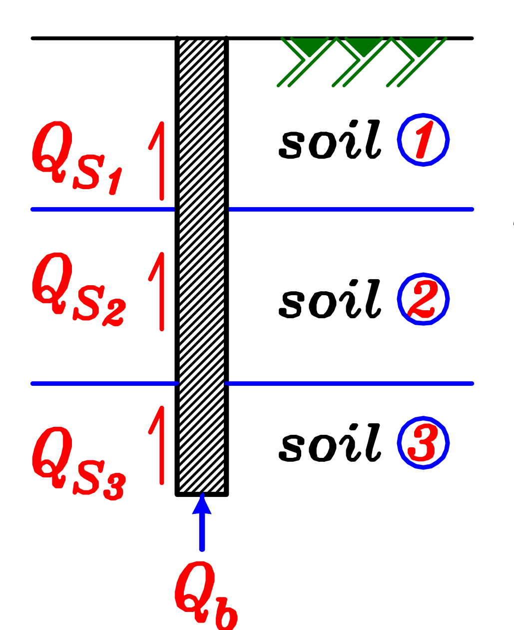
Where :

* $q_b = C * N_c + q * N_q$

* $F_s = K_{HC} * \sigma' * \tan\delta + C_a$

بحيث يتم حساب كل قيمه كما سبق .

ملاحظات هامه ·



١ – فى معظم الاحيان يخترق الخازوق أكثر من طبقه

و هنا نلاحظ :

* الارتكاز يحدث فى طبقه واحده فقط

Q_b = ✓✓ من معلومات soil ③

* الاحتكاك الجانبى يحدث فى ٣ طبقات

$$\therefore \quad Q_S = Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3}$$

و يتم حساب Q_S من معلومات التربه الخاصه بها

$$\therefore \quad Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

---

٢ – فى حاله وجود طبقه من الردم غير معلوم لها C أو ϕ فاننا لا نعتبرها تؤثر بقوه احتكاك على الخازوق ·

جدول رقم (٤-٤)

القيم المناسبه للالتصاق فى حاله خوازيق الازاحه المنشاه فى تربه طينيه صرفه

نوع الخازوق	قوام التربه	التماسك (c) kN/m^2	(C_a) اجهاد الالتصاق الاقصى kN/m^2
خشب أو خرسانه	ضعيف التماسك جدا	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ - ٢٥	١٢,٥ - ٢٤
	متوسط التماسك	٢٥ - ٥٠	٢٤ - ٣٧,٥
	متماسك	٥٠ - ١٠٠	٣٧,٥ - ٤٧,٥
	شديد التماسك	١٠٠ - ٢٠٠	٤٧,٥ - ٦٥
صلب	ضعيف التماسك جدا	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ - ٢٥	١٢,٥ - ٢٣
	متوسط التماسك	٢٥ - ٥٠	٢٣ - ٣٥
	متماسك	٥٠ - ١٠٠	٣٥ - ٣٦
	شديد التماسك	١٠٠ - ٢٠٠	

جدول رقم (٤-٥)

العلاقه بين قيم معامل قدره التحميل (N_q) و قيم زاويه الاحتكاك الداخلى $(\phi^\backprime)$ لتربه غير متماسكه الحبيبات .

$\phi^\backprime$ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
N_q	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠

جدول رقم (٤-٦)

قيم المعاملات (K_{HC}) و (K_{HT})

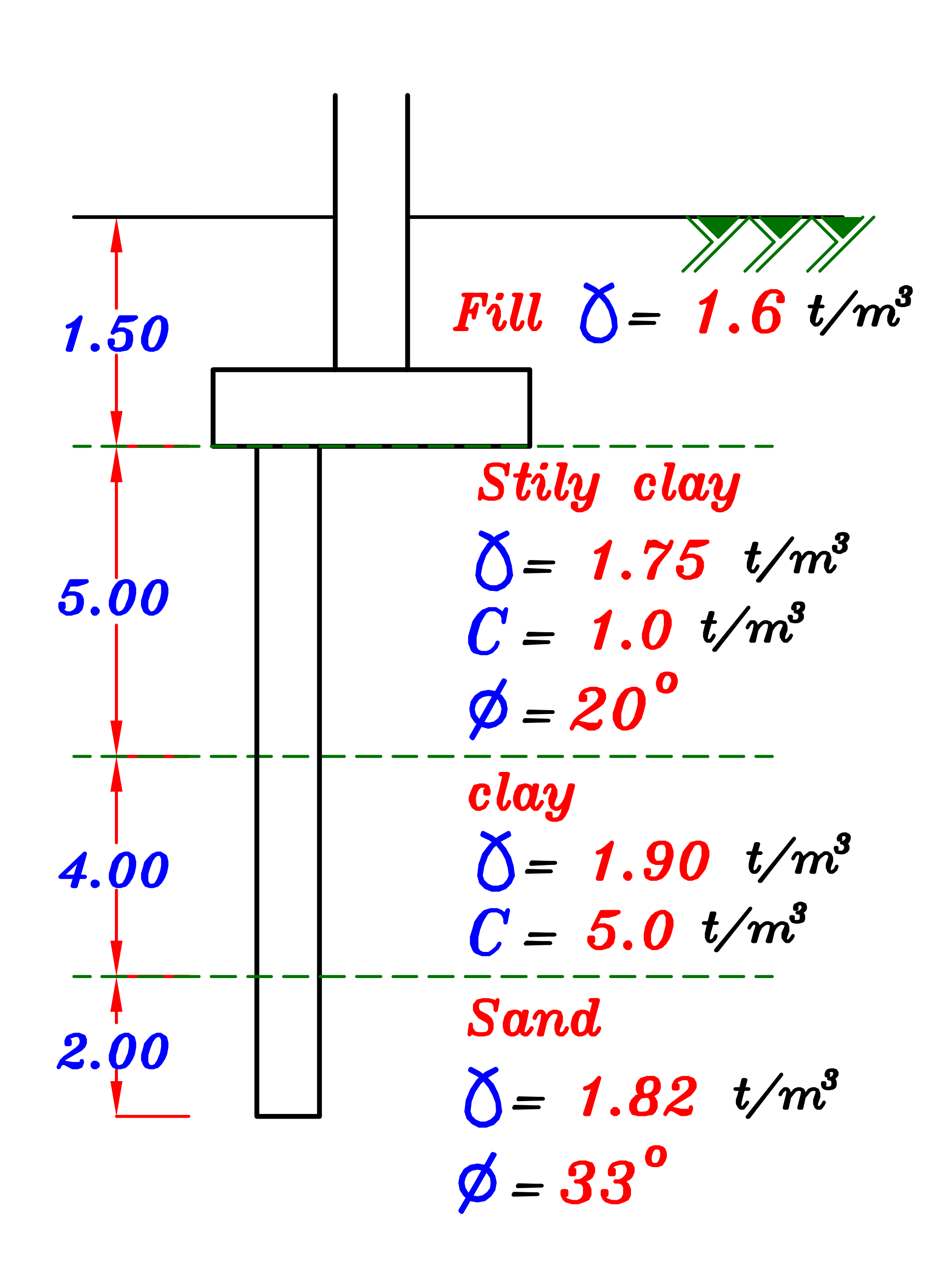
نوع الخازوق	K_{HC}	K_{HT}
خازوق ذو قطاع H	٠,٥ - ١,٠٠	٠,٣ - ٠,٥
خازوق ازاحه .	١,٠٠ - ١,٥	٠,٦ - ١,٠٠
خازوق ازاحه متغير القطاع .	١,٥ - ٢,٠	١,٠٠ - ١,٣
خازوق ازاحه باستخدام النفاثات .	٠,٤ - ٠,٩	٠,٣ - ٠,٦
خازوق التثقيب . (قطر أقل من ٠,٦٠ متر)	٠,٧ - ١,٥	٠,٤ - ١,٠٠

Example.

1– For the shown soil profile, Find out the maximum allowable compression load For a square pile (400mm × 400mm)

2– IF the pile will be a bored pile of diameter (500 mm)

Calculate the allowable pile capacity if seismic is considered in loading.



Solution.

A- From structural Formula.

1- In case of square pile (400mm × 400mm)

$$Q_{all(pile)} = A_{pile} * F_{co}$$

$$= (400 \times 400) * 5.0 = 800000 \ N$$

$$= 800 \ kN$$

$$= 80 \ ton$$

2- In case of bored circular pile (d = 500mm)

$$Q_{all(pile)} = A_{pile} * F_{co} = \frac{\pi}{4} d^2 * F_{co}$$

$$= (\frac{\pi}{4} \times 500^2) * 5.0 = 981747 \ N$$

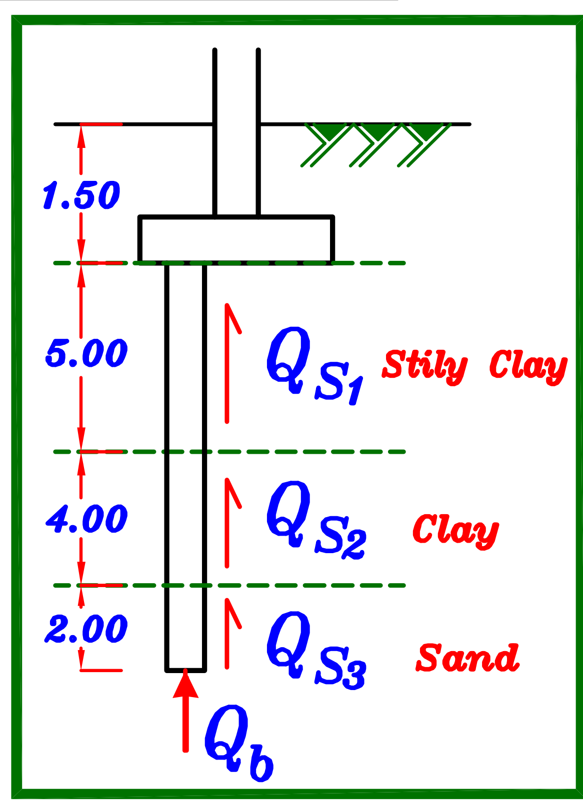
$$= 981 \ kN$$

$$= 98 \ ton$$

B- From statical Formula.

1- In case of square pile (400mm × 400mm)

The pile is Driven pile.



$$Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$Q_b = q_b * A_b \longrightarrow$$ in sand layer ϕ - soil

$$\therefore A_b = 0.4 * 0.4 = 0.16 \ m^2$$

$$q_b = q * N_q$$

$$q = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 5 + 0.90 * 4 + 0.82 * 2 = 11.39 \ t/m^2$$

$N_q \longrightarrow$ From table (4-5) at $\phi` = \frac{33+40}{2} = 36.5^o$

$$\therefore N_q = 97.5$$

$$\therefore Q_b = 11.39 * 97.5 * (0.16) = 177.7 \ ton$$

$Q_{S1} = (K_{Hc} * \sigma` * \tan\delta + C_a) * A_{S1} \longrightarrow$ in $C - \phi$ soil

Where: $A_{S1} = 4 * 0.4 * 5m = 8 \ m^2$

(5m) الطول الحادث عليه الاحتكاك فى هذه الطبقة

at $C_{Soil} = 1.0 \ t/m^2 = 10 \ kN/m^2$ (Driven خازوق خرسانه)

$\therefore$ From table (4-4) $\longrightarrow$ $C_a = 1.0 \ t/m^2$

$K_{Hc} = 1.0$

$\sigma' = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 2.5 = 4.3 \ t/m^2$

في منتصف الطبقه

$\therefore Q_{S1} = \left[1 * 4.3 * \tan\left(\frac{3}{4} * 20\right) + 1\right] * 8 = 17.22 \ ton$

$* \ Q_{S2} = F_S * A_{S2} \longrightarrow$ in C – soil

$A_{S2} = 4 * 0.4 * 4 = 6.4 \ m^2$

$F_S = C_a$

at $C = 5 \ t/m^2 = 50 \ kN/m^2$

From table $(4-4) \longrightarrow C_a = 37.5 \ kN/m^2$

$= 3.75 \ t/m^2$

$\therefore Q_{S2} = 3.75 * 6.4 = 24 \ ton$

$Q_{S3} = F_S * A_{S3} \longrightarrow$ in ϕ – soil

$A_{S3} = 4 * 0.4 * 2 = 3.2 \ m^2$

$F_S = K_{Hc} * \sigma' * \tan\delta$

$= 1 * \left[1.6 * 1.5 + 0.75 * 5 + 0.9 * 4 + 0.82 * 1\right] * \tan\left(\frac{3}{4} * 33\right)$

$= 4.87 \ t/m^2$

$\therefore Q_{S3} = 4.87 * 3.2 = 15.6 \ ton$

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$= 177.7 + [17.22 + 24 + 15.6] = 234.5 \text{ ton}$$

$$\therefore Q_{all} = \frac{Q_{Ult}}{F.O.S} = \frac{234.5}{3} = 78.17 < Q_{all} = 80 \text{ ton}$$

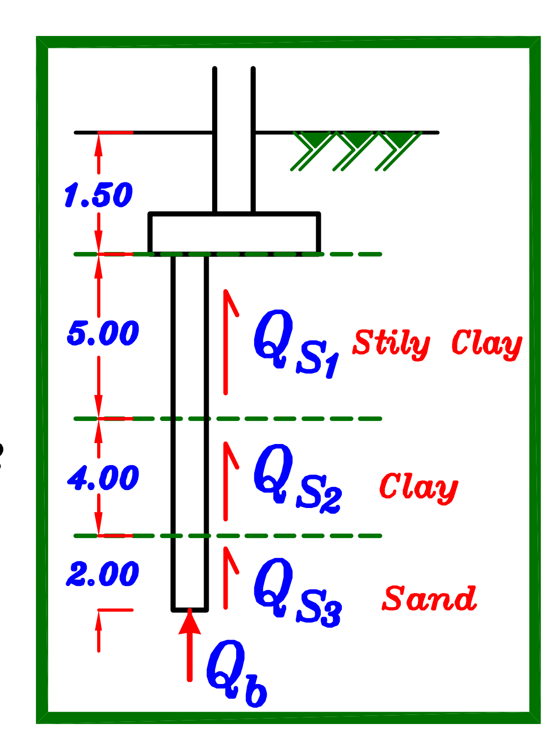
structural Formula

$$\therefore \text{take } \boxed{Q_{all} = 78 \text{ ton}}$$

2- In case of bored circular pile ($d = 0.50$ mm)

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$Q_b = q_b * A_b$$ → in sand layer ϕ - soil



$$\therefore A_b = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times 0.5^2\right) = 0.196 \ m^2$$

$$q_b = q * N_q$$

$$q = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 5 + 0.90 * 4 + 0.82 * 2 = 11.39 \ t/m^2$$

N_q → From table (4-5) at $\phi` = 33 - 3 = 30^o$

$$\therefore N_q = 30$$

$$\therefore Q_b = 11.39 * 30 * (0.196) = 66.97 \ ton$$

$$Q_{S1} = F_{S1} * A_{S1} = (K_{Hc} * \sigma` * \tan\delta + C_a) * A_{S1}$$ → in $C-\phi$ soil

Where: $A_{S1} = \pi * 0.5 * 5m = 7.85 \ m^2$

الطول الحادث عليه الاحتكاك فى هذه الطبقه

$$F_{S1} = (K_{Hc} * \sigma` * \tan\delta + C_a)$$

bored pile

$$C_a = \alpha * C_{soil} = 0.35 * 1.0 = 0.35 \ t/m^2$$

$K_{Hc} = 1.0$ $\quad \sigma` = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 2.5 = 4.3 \ t/m^2$

$$\therefore Q_{S1} = \left[1 * 4.3 * \tan\left(\frac{3}{4} * 20\right) + 1\right] * 7.85 = 16.90 \ ton$$

$* \; Q_{S2} = F_{S2} * A_{S2} \longrightarrow$ in $C -$ soil

$A_{S2} = \pi * 0.5 * 4 = 6.28 \; m^2$

bored pile

$F_{S2} = C_a = \alpha * C_{soil} = 0.35 * 5.0 = 1.75 \; t/m^2$

$\therefore \; Q_{S2} = 1.75 * 6.28 = 11.0$ ton

$Q_{S3} = F_{S3} * A_{S3} \longrightarrow$ in $\phi -$ soil

$A_{S3} = \pi * 0.5 * 2 = 3.14 \; m^2$

$F_{S3} = K_{Hc} * \sigma' * \tan\delta$

$= 1 * [1.6 * 1.5 + 0.75 * 5 + 0.9 * 4 + 0.82 * 1] * \tan(\frac{3}{4} * 33)$

$= 4.87 \; t/m^2$

$\therefore \; Q_{S3} = 3.14 * 4.87 = 15.3$ ton

$\therefore \; Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$

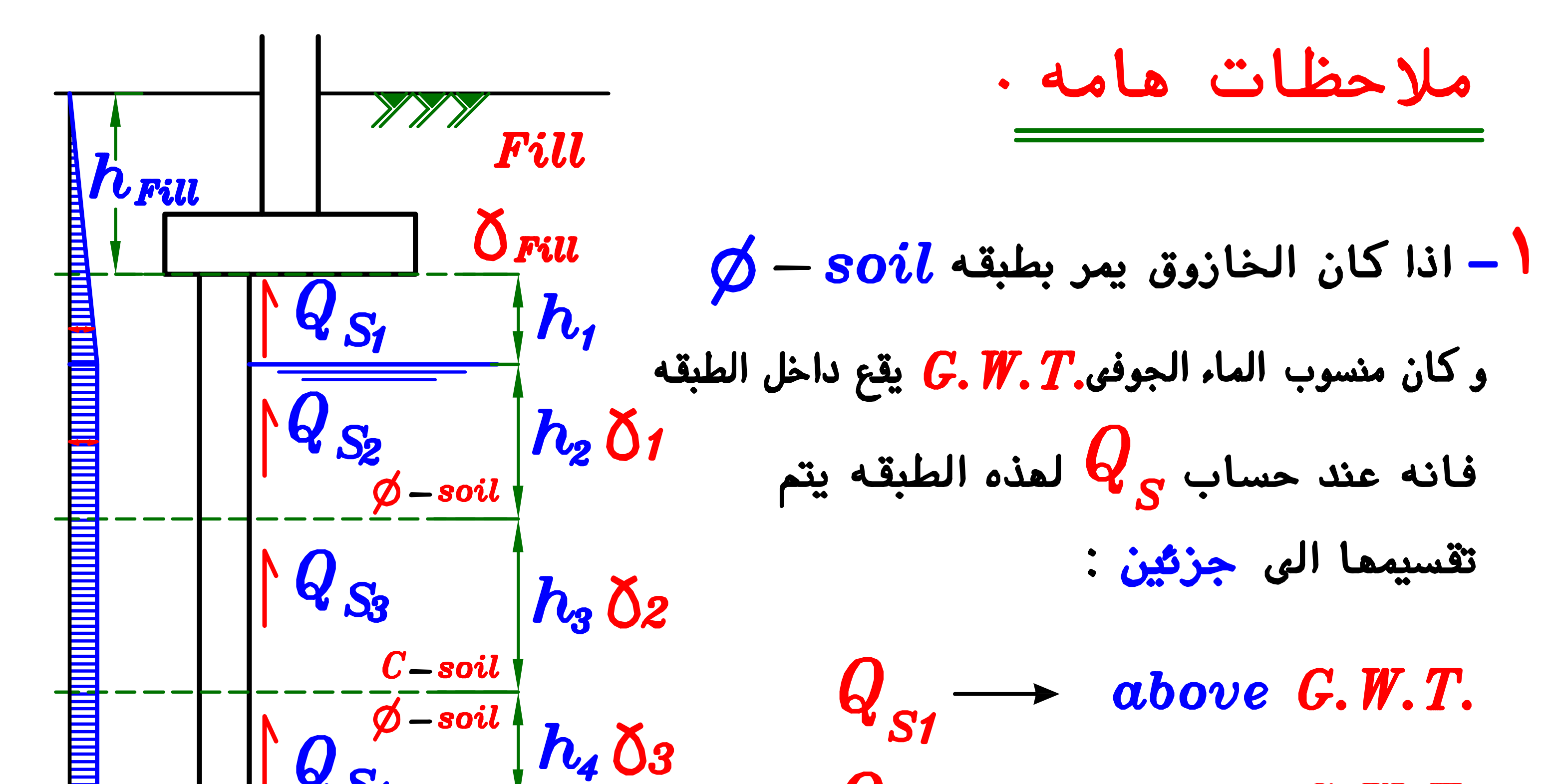
$= 66.97 + [16.9 + 11 + 15.3] = 110.17$ ton

$\therefore \; Q_{all} = \frac{Q_{Ult}}{F.O.S} = \frac{110.17}{2} = 55.085 < Q_{all} = 98$ ton

structural Formula

$\therefore$ take $Q_{all} = 55$ ton

ملاحظات هامه .



١ – اذا كان الخازوق يمر بطبقه $\phi - soil$

و كان منسوب الماء الجوفى $G.W.T.$ يقع داخل الطبقه

فانه عند حساب Q_S لهذه الطبقه يتم

تقسيمها الى جزئين :

$Q_{S1} \longrightarrow$ above $G.W.T.$

$Q_{S2} \longrightarrow$ under $G.W.T.$

فى المثال المقابل

$$Q_{S1} = K_{Hc}\left[\gamma_F h_F + \gamma_{1b} * \frac{h_1}{2}\right] \tan\delta * \pi d * h_1$$

σ' at C.L of h_1 above $G.W.T.$

$$Q_{S2} = K_{Hc}\left[\gamma_F h_F + \gamma_{1b} * h_1 + \gamma_{1sub} * \frac{h_2}{2}\right] \tan\delta * \pi d * h_2$$

σ' at C.L of h_2 under $G.W.T.$

٢ – اذا كان منسوب الماء الجوفى يقع داخل طبقه $C - soil$

فاننا نحسب Q_S عادى جدا لهذه الطبقه بدون تقسيمها

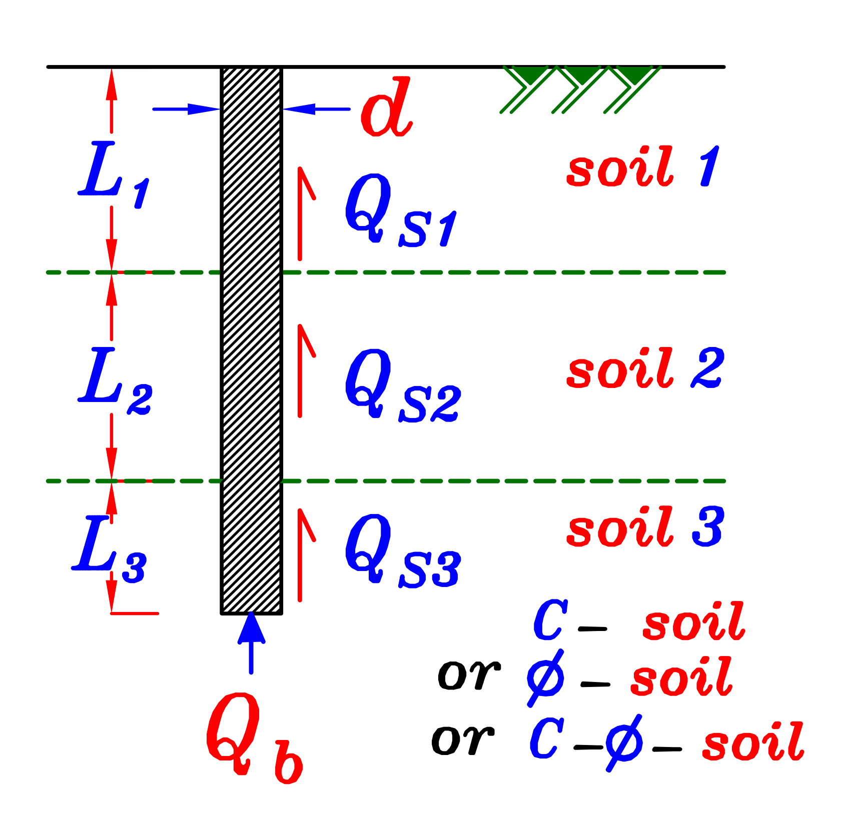
لانها لا تعتمد على اختلاف شكل توزيع σ' داخل الطبقه .

ملحوظه هامه .

* عندما يمتد أى خازوق داخل مجموعه من طبقات التربه فانه عندما ينتهى فى أى طبقه يجب ان يخترق هذه الطبقه مسافه لا تقل عن $3d$ حيث d هى قطر أو عرض الخازوق

فمثلا فى الشكل المقابل يجب أن

$$L_3 \nless 3d$$



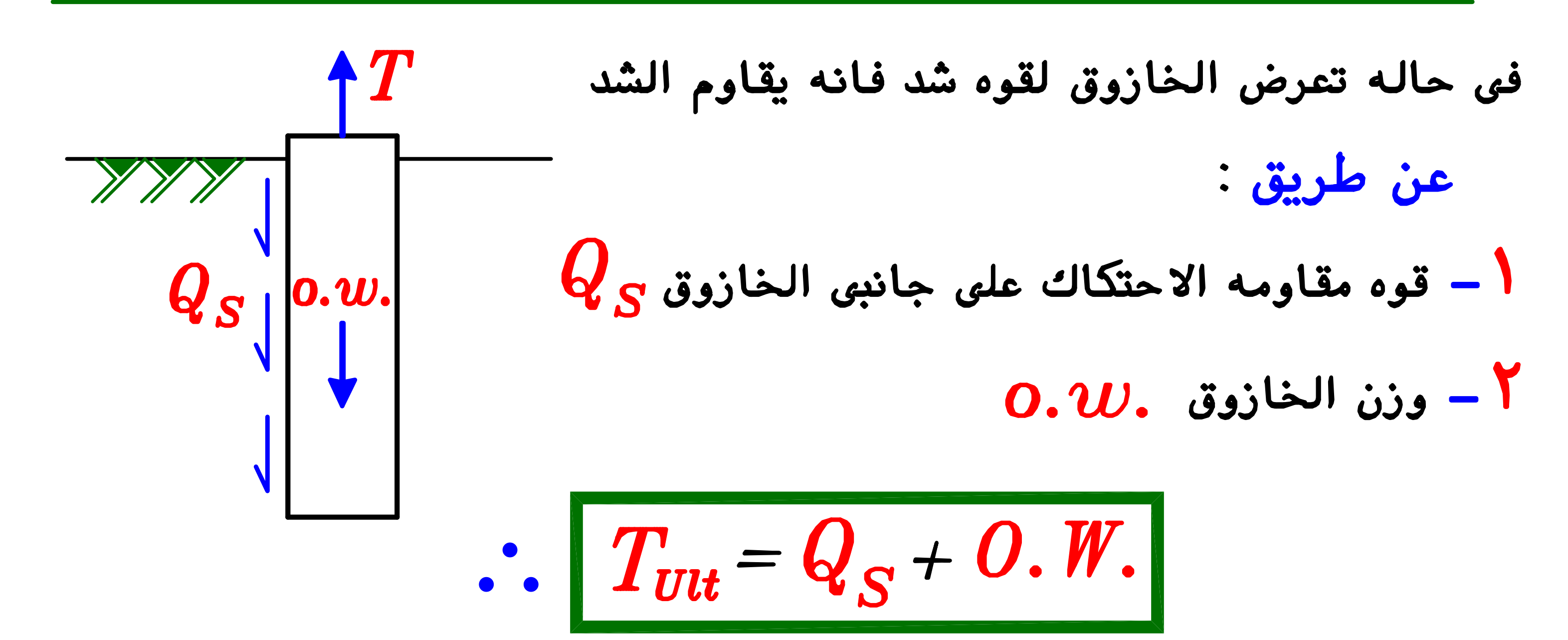
- IF $L_3 < 3d$

Neglect the Friction of soil 3

$$\therefore\ Q_{Ult} = Q_b + Q_{S1} + Q_{S2}$$

(Q_b) From soil 3

Statical Formula For pile subjected to tension.



فى حاله تعرض الخازوق لقوه شد فانه يقاوم الشد
عن طريق :

١ – قوه مقاومه الاحتكاك على جانبى الخازوق Q_S

٢ – وزن الخازوق o.w.

$$\therefore \quad T_{Ult} = Q_S + O.W.$$

Where : $Q_S = F_S * A_S$

F_S

in $C-\phi$ soil

$$F_S = (K_{HT} * \sigma` * \tan\delta + C_a)$$

in ϕ – soil

$$F_S = K_{HT} * \sigma` * \tan\delta$$

From table (4–6)

$$K_{HT} \simeq 0.75$$

in C – soil

$$F_S = C_a$$

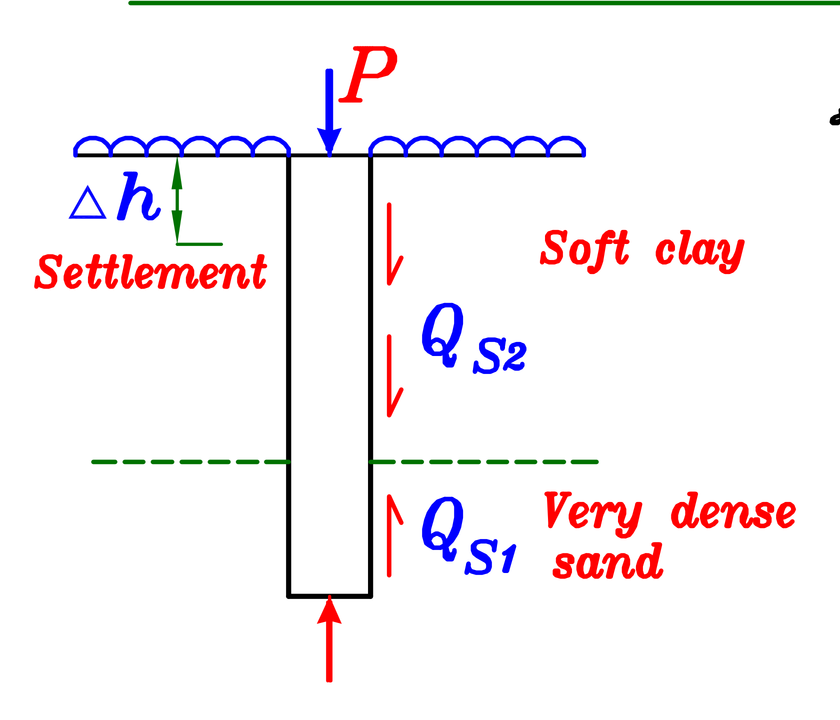
كما سبق فى حاله الضغط

ملحوظه.

لان وزن الخازوق يعتبر مقدار ثابت فلا يوجد له معامل أمان.

$$T_{all} = \frac{Q_S}{F.O.S.} + O.W.$$

Negative skin Friction.



* عندما تكون احدى الطبقات الملاصقه للخازوق تربه ضعيفه جدا مثل *Soft clay* .
بينما ينتهى الخازوق فى تربه قويه مثل *Very dense sand* .

* عندما تتعرض التربه لضغط خارجى (q) بخلاف حمل الخازوق .

* فانه يحدث عندئذ انضغاط أو هبوط فى الطبقه الضعيفه أى أنها تتزحلق على جسم الخازوق و لاسفل .
و بالتالى فان الاحتكاك (Q_S) الناتج عن هذه الطبقه يصبح *action* أو حمل اضافى على الخازوق و ليس مقاومه.
لذلك يسمى الاحتكاك الناتج عن هذه الطبقه الضعيفه على جسم الخازوق بالاحتكاك السالب $(-Ve\ Skin\ Friction)$.

و بالتالى يكون

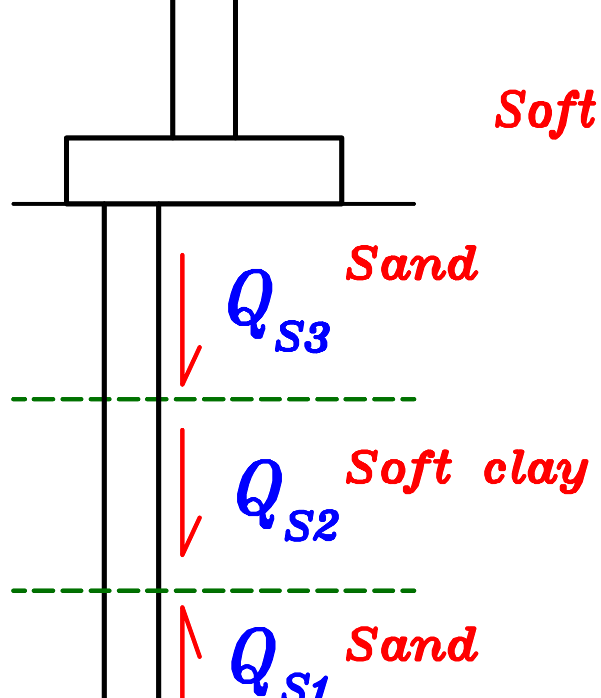
$$Q_{Ult} = Q_b + Q_{S1} - Q_{S2}$$

in case of compression loading on pile.

And

$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_{S1}}{F.O.S.} - Q_{S2}$$

ملاحظات هامه.



فى حاله وجود طبقه من الرمل فوق طبقه Soft clay فانه عند هبوط طبقه الطين لابد و أن يهبط معها طبقه الرمل الذى يعلوها و بالتالى يكون هناك -Ve skin Friction من الطين و الرمل .

$$Q_{Ult} = Q_b + Q_{S1} - Q_{S2} - Q_{S3}$$

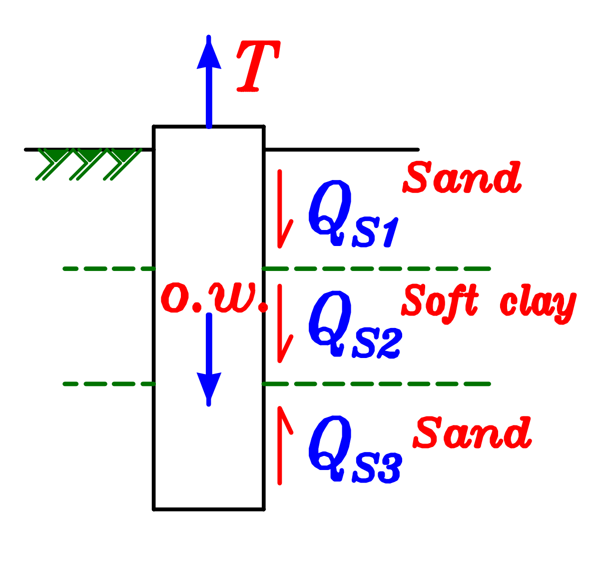
$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_{S1}}{F.O.S.} - Q_{S2} - Q_{S3}$$

مع ملاحظه

Q_{S3} in sand where -Ve skin Friction $= F_{S3} * A_{S3}$

$$F_{S3} = 0.3 * K_{HC} * \sigma`$$

For piles under Friction.

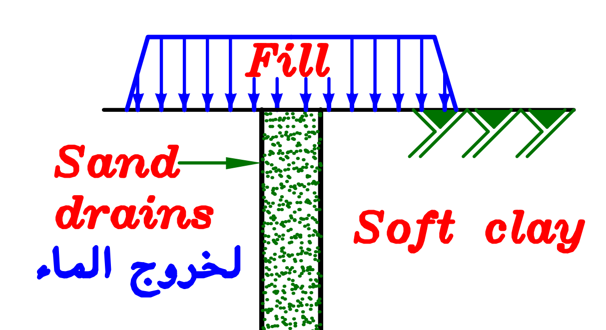


فى حاله الخوازيق المعرضه للشد و توجد طبقه بها -Ve S.F. فان قوه الاحتكاك من هذه الطبقه لا تؤخذ معنا فى الحسابات.

$$T_{Ult} = Q_{S3} + O.W.$$

$$T_{all} = \frac{Q_S}{F.O.S} + O.W.$$

1 − By pre−loading. التحميل المسبق



- عن طريق تحميل التربه باستخدام تربه ردم Fill و ذلك قبل تنفيذ الخوازيق.
- يعمل ذلك على هبوط التربه و خروج الماء منها Consolidation من خلال Sand drains
- و بالتالى عند تنفيذ الخوازيق المطلوبه و اذا حدث و تواجد أى حمل خارجى يكون الهبوط المتوقع صغير جدا مما يقلل من فرصه وجود احتكاك عكسى − Ve Skin Friction

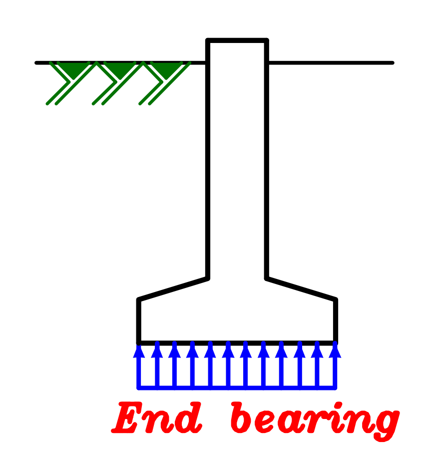
2 − Using bored piles.

حيث لا تعتمد الخوازيق الـ bored على الاحتكاك الجانبى و بالتالى يقل تاثير −Ve S.F. عليها.

3 − Using bitumen.

حيث يتم دهان جوانب الحفر بالبيتومين الذى يقلل تاثير الاحتكاك الجانبى عامه و بالتالى اذا حدث −Ve S.F. يكون ليس له تاثير على الخازوق.

4 − Using wide end.



حيث يتم تنفيذ الخازوق بنهايه متسعه من أسفل .

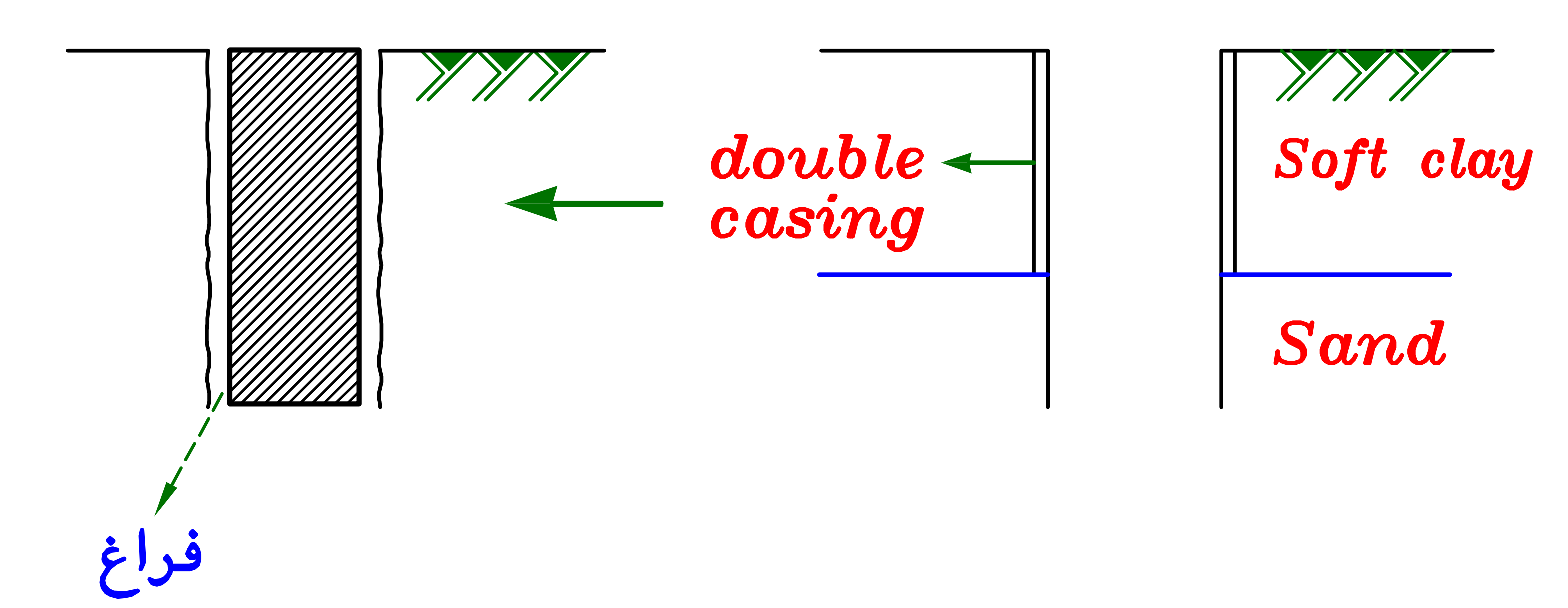
و بالتالى تزيد A_{base} و كذلك تزيد Q_b

مما يعوض النقص الحادث فى Q_{ult}

بسبب −Ve S.F.

5 - *Using double casing.*

حيث يتم استخدام ماسوره بغلافين عند تنفيذ الخازوق , و بالتالى عند سحب الماسوره بعد تنفيذ الخازوق يكون هناك فراغ بين الخازوق و التربه مما يبعد تاثير الاحتكاك تماما عن الخازوق.

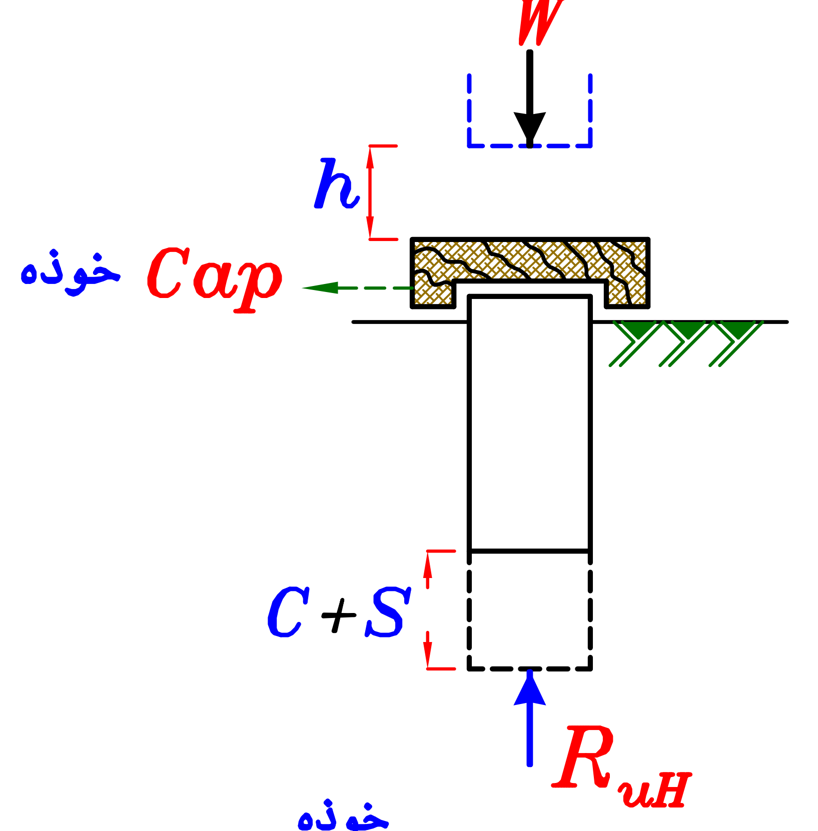


No Friction

3- Dynamic load test (Dynamic Formula).

Only For driven pile in ϕ - soil

* تعتمد هذه الطريقه على عمل اختبار دق على خازوق فعلى تم تنفيذه فى الموقع و من خلال الطاقه اللازمه للدق على الخازوق ليخترق التربه مسافه معينه يمكن تعيين قدره تحمل الخازوق Q_{ult}



فكره التجربه .

خوذه

* يتم تنفيذ الخازوق فعليا فى الموقع ثم يوضع على قمته Cap حتى لا يؤدى الدق عليه الى كسر أو تشوه قمه الخازوق و كذلك لتقليل طاقه الدق و تكون هذه الـ Cap من الخشب .

* تستخدم مطرقه ذات وزن W تسقط من ارتفاع h لتدق على الخازوق و ذلك تحت تاثير وزنها و للمطرقه عده أنواع :

1- Single action steam hammer or double action بالبخار

2- Diesel hammer بالديزل

للاتزان يجب أن تكون طاقه الدق تساوى الطاقه المستحدثه من مقاومه التربه للدق

- $Input\ energy = W * h * \eta$
- $output\ energy = R_{ult} * \left(S + \frac{C}{2}\right)$

For equilibrium.

Input energy = Output energy

$$\therefore\ W * h * \eta = R_{ult} * \left(S + \frac{C}{2}\right)$$ ----> Hiley Formula

Where:

1- W = weight of hammer (kN) وزن المطرقه الساقط

$W \simeq 80\ \%$ of pile weight. $(0.W_{pile})$

$W \simeq 80\ \% \quad (A_{pile} * L_{pile} * \gamma_c)$

2- R_{ult} = Ult. soil reaction on pile during driving.

R_{ult} = Ultimate pile capacity (Q_{ult}) (Unknown)

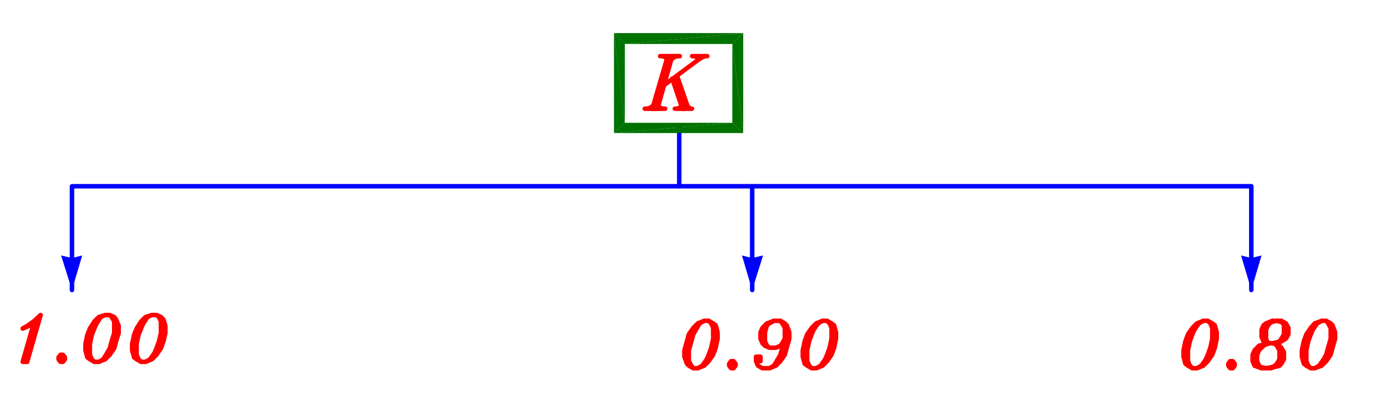
3- h = Efficient driving height (m)

الارتفاع الفعال لسقوط المطرقه .

- $h = H * K$

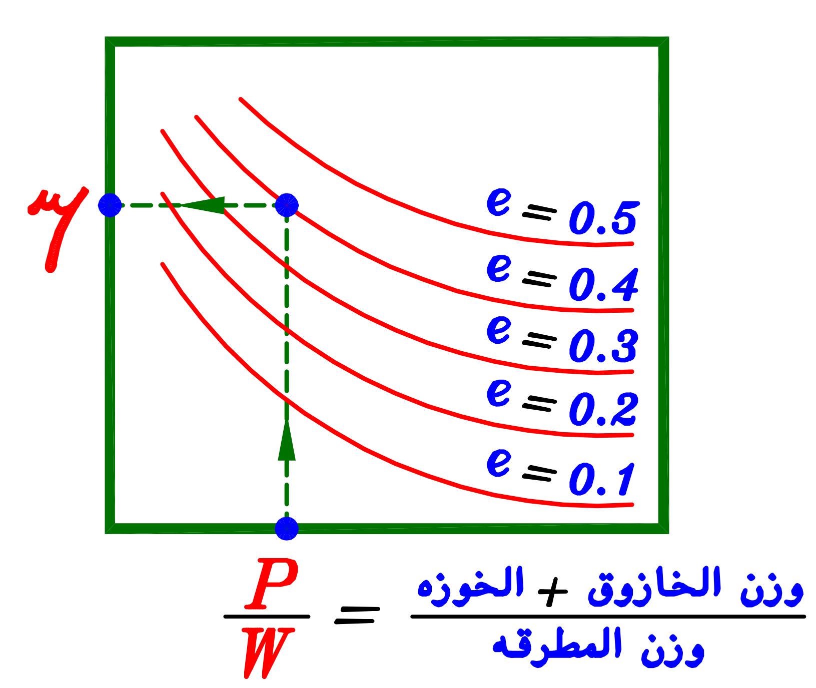
K → Correction Factor
معامل تصحيح يعتمد على نوع المطرقه

H → true height of hummer
الارتفاع الحقيقى للمطرقه



4- η = Driving efficiency كفاءه الدق

- given ✓✓
- From chart



$$\frac{P}{W} = \frac{\text{وزن الخازوق + الخوزه}}{\text{وزن المطرقه}}$$

Where:

e = Rebound number.
معامل الارتداد و يعين من الجدول

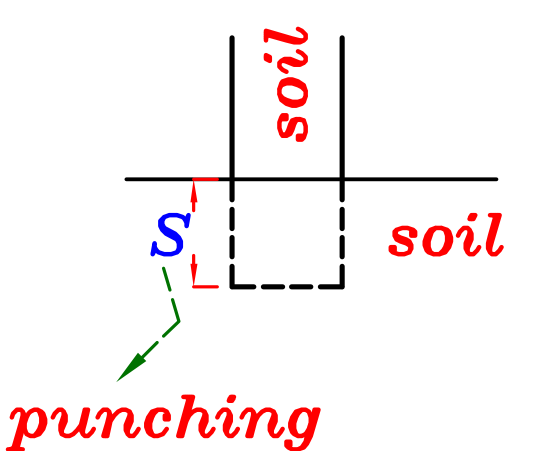
* to get e (Rebound number)

Double hammer	single action diesel hamm. drop hamm.	نوع الـ Cap	نوع الخازوق
			Conc.
			Steel
			Timper

IF γ is not given → taken = 0.60 → 0.80

5- S = Permanent settlement of pile by punching (m)

- given ✓✓

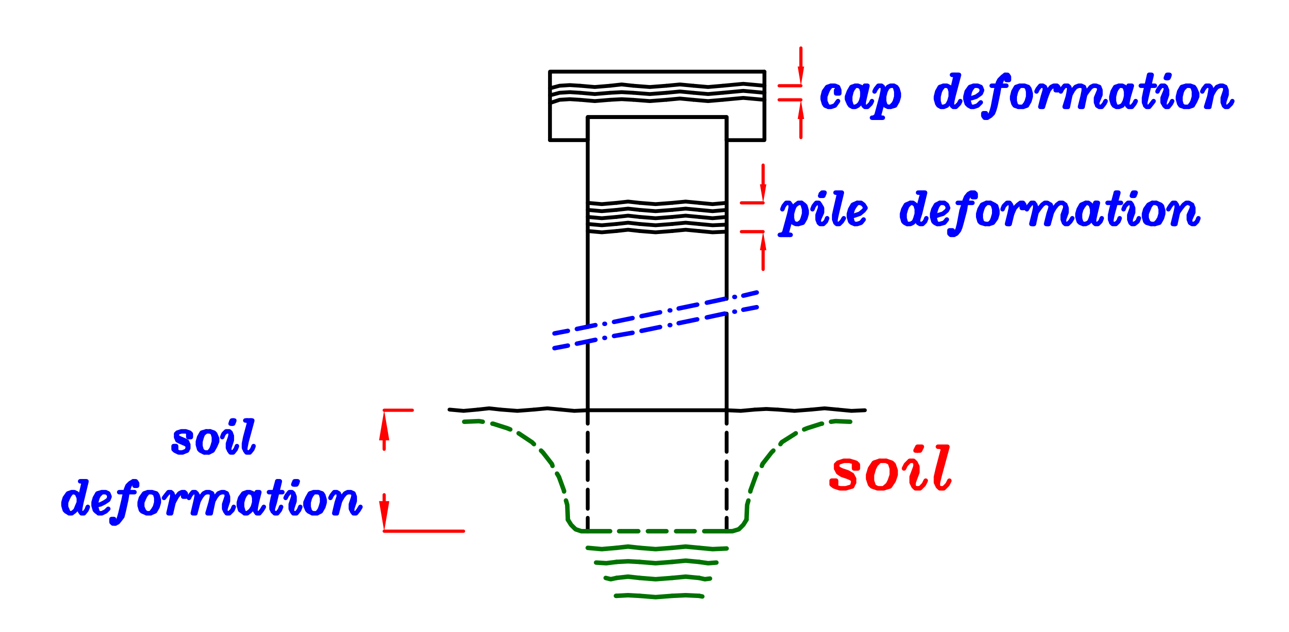


قيمه الهبوط الدائم الحادث للخازوق الناتج عن اختراق الخازوق للتربه مع الدق

6- C = Temporary settlement of pile (m)

by compressibility defromations in cap , pile and soil.

قيمه الهبوط الحادث للخازوق نتجه انضغاط جسم الـ Cap
جسم الـ pile بالاضافه الى انضغاط الـ soil



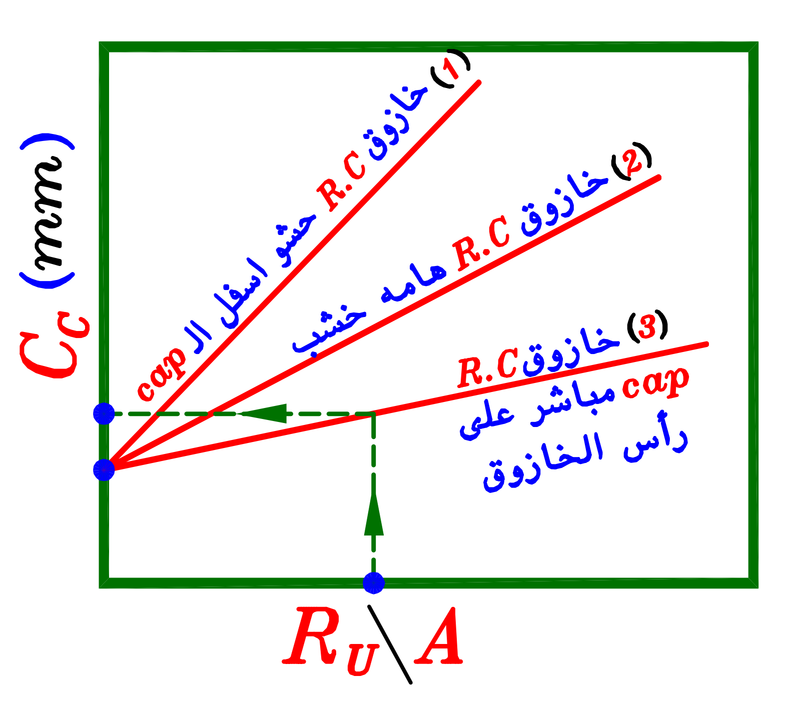
- **Where:** $C = (C_c + C_p + C_q)$

- C_c = Cap deformation (m) From chart

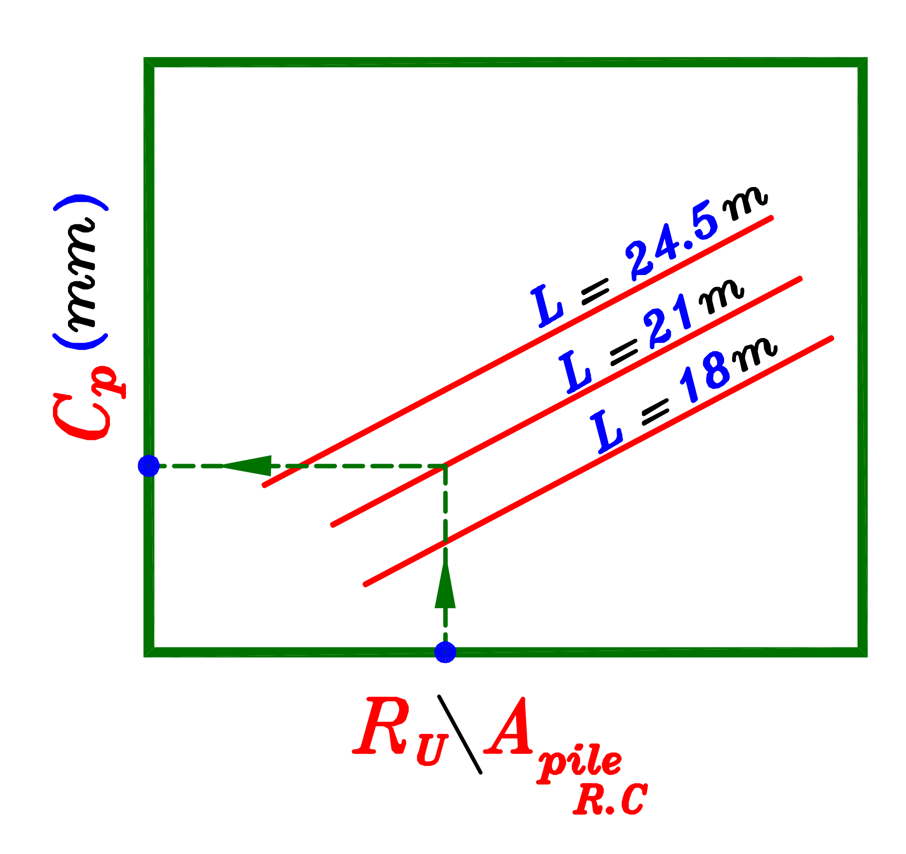
$Q_{Ult\ pile} = R_U$ حيث

مقدره من الـ S.P.T أو C.P.T

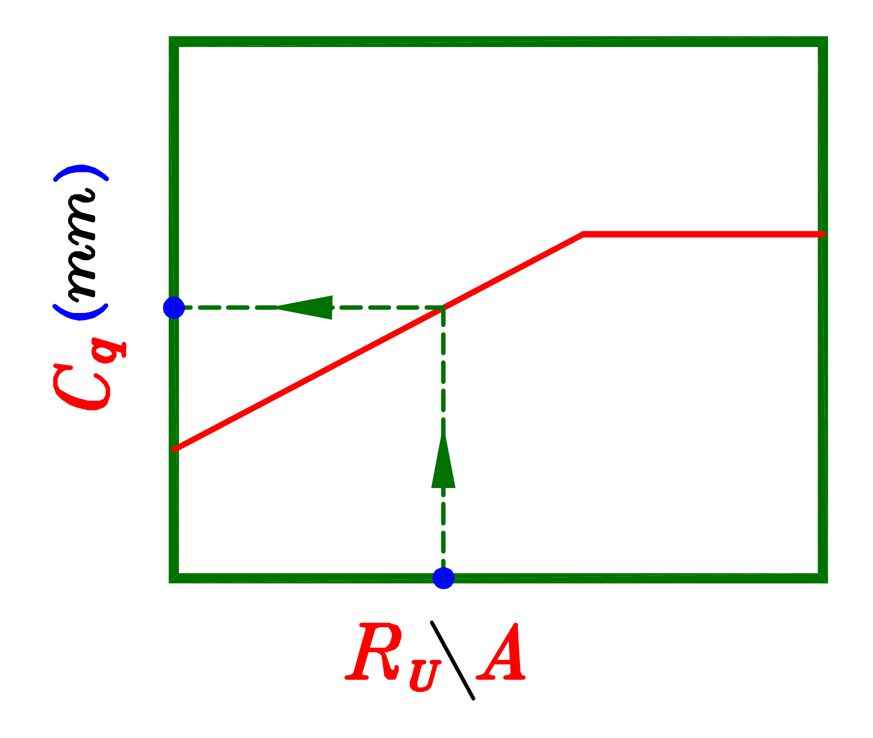
A = مساحه مقطع الخازوق الخرسانى



• C_p = deformation in pile (m) From chart



• C_q = deformation in soil (m) From chart



$$\therefore \quad R_{ult} = Q_{ult} = \frac{W * h * \gamma}{S + C/2}$$

$$Q_{all} = \frac{R_{ult}}{F.O.S.}$$

Where: F.O.S. =
- 1.50 For rock
- 2.0 → 3.0 For sand, For gravel

---

* لاحظ أن فى المعادله ناخذ (50% C) ← $\frac{C}{2}$ لان تقريباً

$\frac{1}{2}$ الهبوط المؤقت تحتفظ به المواد (R.C.– Soil) plasticity

$\frac{1}{2}$ الهبوط المؤقت يرجع مره أخرى مع ازاله الحمل elasticity

---

Limitations of (Driving Formula).

حدود استخدام هذه الطريقه :

١ – فقط للتربه الغير متماسكه (رمل ـ زلط) .

٢ – فقط للخوازيق المنفذه بالدق (only For driven pile) .

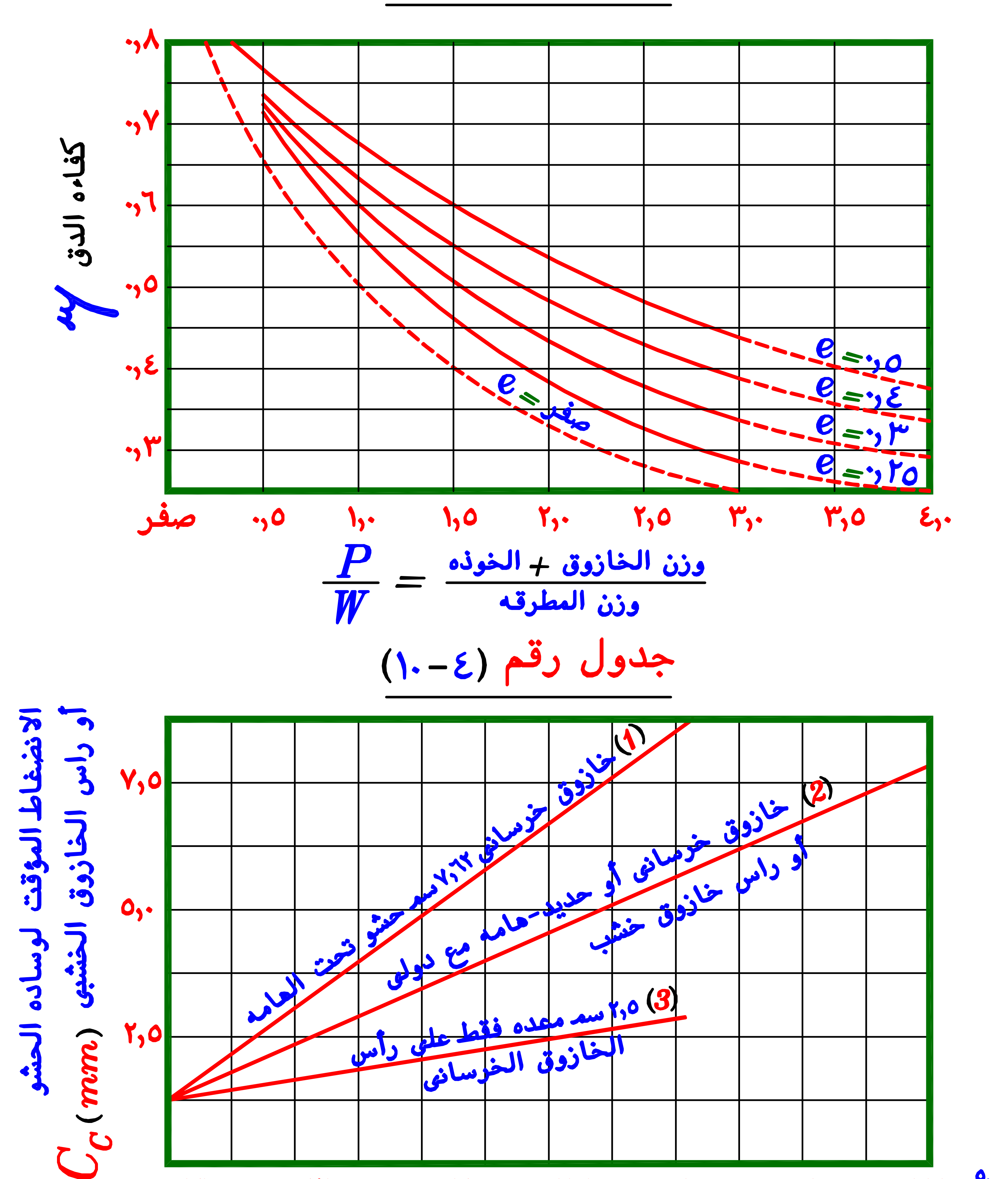
٣ – لا يجوز الاعتماد عليها كليا فى حساب قدره تحمل الخازوق و لكن يجب مقارنه نتائجها بالاختبارات الحقليه C.P.T. , S.P.T. أو بالمعادله الاستاتيكيه .

٤ – تعتبر طريقه نحصل منها على قيمه استرشاديه لل Q_{all} و لكن ليس قيمه نهائيه واقعيه .

جدول رقم (٤-١٣) قديم معامل الارتداد (e)

نوع الخازوق	نوع غطاء وش الخازوق أثناء الدق	احادى التشغيل مطرقه ديزل أو مطرقه حره	ثنائى التشغيل
خازوق خرسانى سابق الصب	أ- خوذه *helmet* ذات وساده *dolly* من البلاستيك أو الخشب *green heart* مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠٫٤	٠٫٥
	ب- خوذه ذات وساده من خشب صلد و حشو على رأس الخازوق .	٠٫٢٥	٠٫٤
	جـ- الدق مباشره على الخازوق باستخدام وساده فقط.	-	٠٫٥
خازوق حديدى	أ- طربوش دق *driving cap* ذو وساده *dolly* من البلاستيك أو الخشب *green heart* مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠٫٥	٠٫٥
	ب- طربوش دق مع استخدام وساده من خشب صلد و حشو على رأس الخازوق .	٠٫٣	٠٫٣
	جـ- الدق مباشره على الخازوق باستخدام وساده فقط.	-	٠٫٥
خازوق خشبى	الدق مباشره على الخازوق .	٠٫٢٥	٠٫٤

جدول رقم (٤-٩)



جهد الدق الكلى $= \frac{R_U}{A}$ kN/m^2

جدول رقم (٤-١١)

الطول الفعلى للخازوق

٢٤,٥ م

٢١,٠ م

١٨,٠ م

١٥,٠ م

١٢,٠ م

٩,٠ م

(E) معامل المرونه = ١٤٠ × ١٠^٥ كيلو باسكال

الانضغاط المؤقت للخازوق الخرسانى C_P (cm)

صفر ، ٠,٥ ، ١,٠ ، ١,٥ ، ٢,٠

٠,٠٣١ ، ٠,٠٤٦ ، ٠,٠٦٢ ، ٠,٠٧٧ ، ٠,٠٩٣ ، ٠,١١ × ١٠^٥

جهد الدق الفعلى $= \dfrac{R_U}{\alpha}$ kN/m^2

جدول رقم (٤-١٢)

الطول الفعلى للخازوق

٣٠,٥ م

٢٧,٥ م

٢٤,٥ م

٢١,٠ م

١٨,٠ م

١٥,٠ م

١٢,٠ م

٩,٠ م

(E) معامل المرونه = ٢١٠٠ × ١٠^٥ كيلو باسكال

الانضغاط المؤقت لخازوق حديد C_P (cm)

صفر ، ٠,٥ ، ١,٠ ، ١,٥ ، ٢,٠ ، ٢,٥

٠,٦٢ ، ٠,٩٣ ، ١,٢٤ ، ١,٥٥ ، ١,٨٦ × ١٠^٥

جهد الدق الفعلى $= \dfrac{R_U}{\alpha}$ kN/m^2

جدول رقم (٤-١٣)

$$\text{جهد الدق الفعلى} = \frac{R_U}{\alpha} \quad kN/m^2$$

جدول رقم (٤-١٤)

$$\text{جهد الدق الكلى} = \frac{R_U}{A} \quad kN/m^2$$

Example.

A dynamic load test was conducted on a driven R.C pile of Length 12.0 m and diameter 0.40 m that is constructed in a sandy deposit . Double action hammer was used of total Weight 30 kN with total dropping height of 3.0 m . The Rebound number of hammer is 0.5 and the weight of Used cap is 8.0 kN . The recorded pile temporary and Permenant settlements were 3.0 mm and 28 mm respectivly. Calculate the allowable pile capacity using Hiley's Formula.

Solution.

Given.

- $L_{pile} = 12\ m$, $d = 0.4\ m$ (Driven)
- Soil type is sand.
- Hammer type is (Double action)
- $W_{hammer} = 30\ kN$
- $H = 3.0\ m$ ارتفاع السقوط
- e = Rebound number = 0.50
- $W_{cap} = 8\ kN$
- S = permenant sett. = 28 mm
- C = temporary sett. = 3 mm

∴ From Hiley's Formula.

$$R_{ult} = \frac{W * h * \eta}{S + C/2}$$

Where. $W = 30\ kN$

$h = H * K = 3\,m * 1.0 = 3.0\,m$

For double action hammer

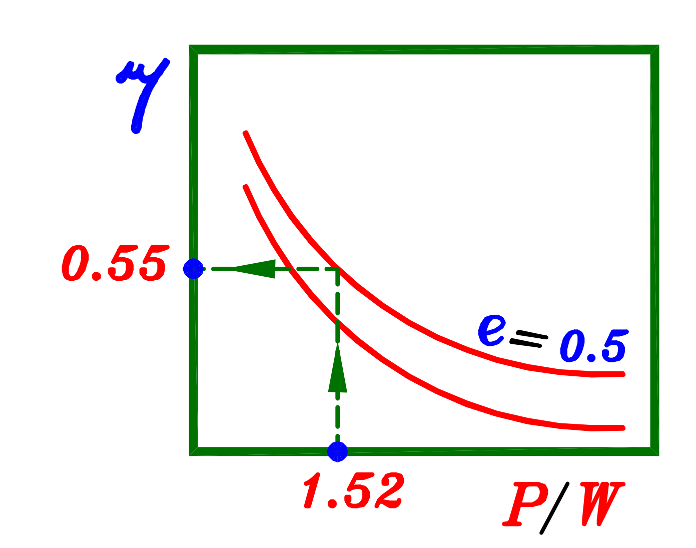
For η From chart at $e = 0.50$

$P = W_{pile} + W_{cap}$

$P = A * L * \gamma_c + W_{cap}$

$P = \frac{\pi}{4}(0.4)^2 * 12 * 25 + 8.0$

$P = 45.7\ kN$



$\therefore \frac{P}{W_{hammer}} = \frac{45.7}{30} = 1.52$

at $e = 0.50$, $\frac{P}{W} = 1.52 \longrightarrow \eta = 0.55$

$\therefore R_{ult} = \frac{30 * 3 * 0.55}{(28\,mm + 3/2) * 10^{-3}} = 1678\ kN$

$\therefore Q_{all} = \frac{R_{ult}}{F.O.S.}$ ⇢ $(2.0 \longrightarrow 3.0)$ For Sandy soil

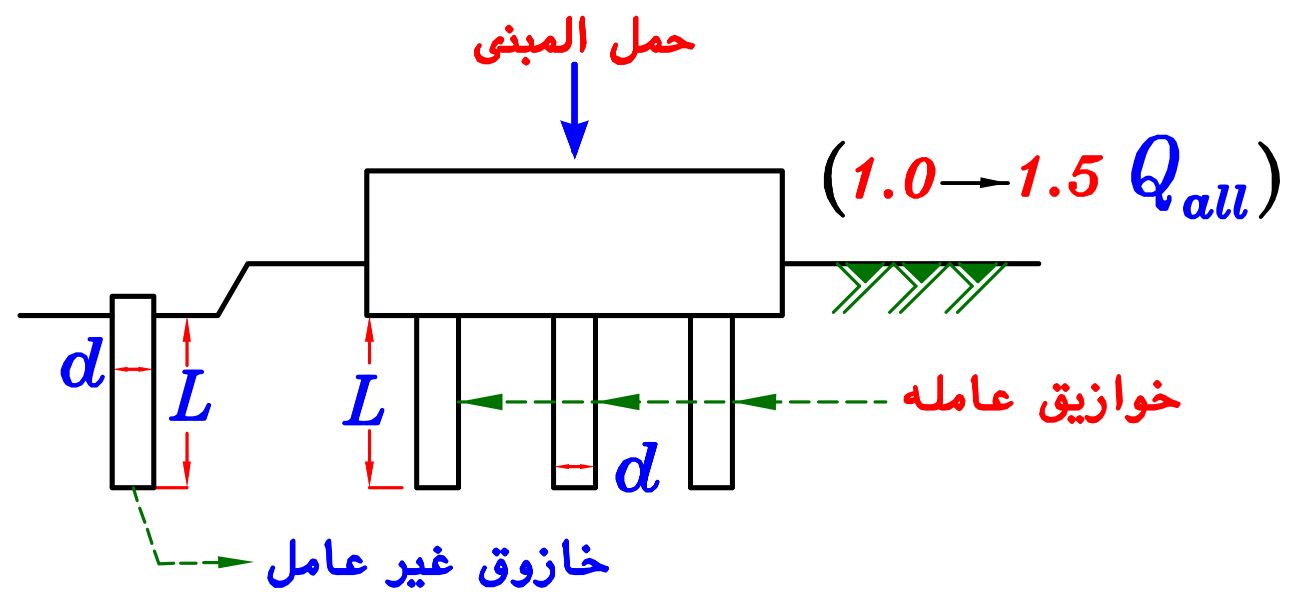
$\therefore Q_{all} = \frac{1678}{3.0} = 559.33\ kN$

4- *Pile load test.* اختبار تحميل الخوازيق

* الهدف من هذا الاختبار هو تحديد قدره تحمل خازوق فعلى يتم تنفيذه بحيث يكون غير عامل (ليس عليه حمل من المبنى) و يكون بجوار المبنى و له خواص الخوازيق العامله اسفل المبنى .

* فى الاختبار يتم تحميل الخازوق باستخدام اسلوب التحميل الموضح . حيث يظل التحميل حتى الكسر لان الخازوق مش مهم (غير عامل) .

* يمكن (يفضل) عمل الاختبار على خازوق عامل (سوف يكون عليه حمل من المبنى) و فى هذه الحاله لا نصل بالتحميل الى الكسر و لكن الى نسبه $(100 \rightarrow 150\ \%)$ من الحمل الكلى الذى سوف يتحمله الخازوق .



* فى هذا الاختبار يتم عمل التجربه على خازوق واحد من بين كل ٢٠٠ خازوق .

* **فكره الاختبار .**

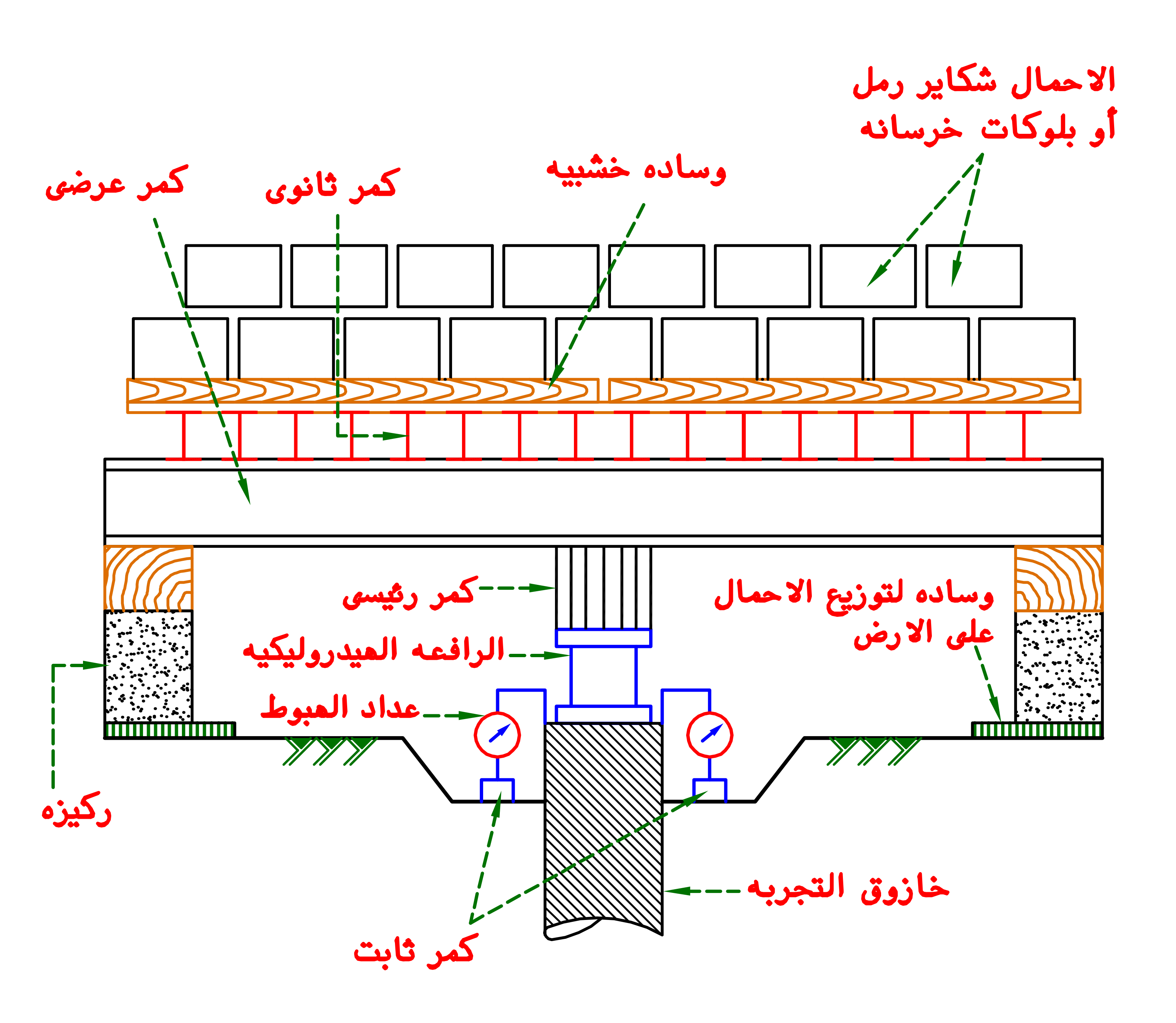
تحميل الخازوق بنسبه من الحمل الذى سوف يحمله و قياس الهبوط المقابل

$(P - \Delta \text{ relation})$

where P = load (ton)

Δ = pile settlement (m)

* حيث يتم استخدام عدادات لقراءه الحمل و أخرى للهبوط.



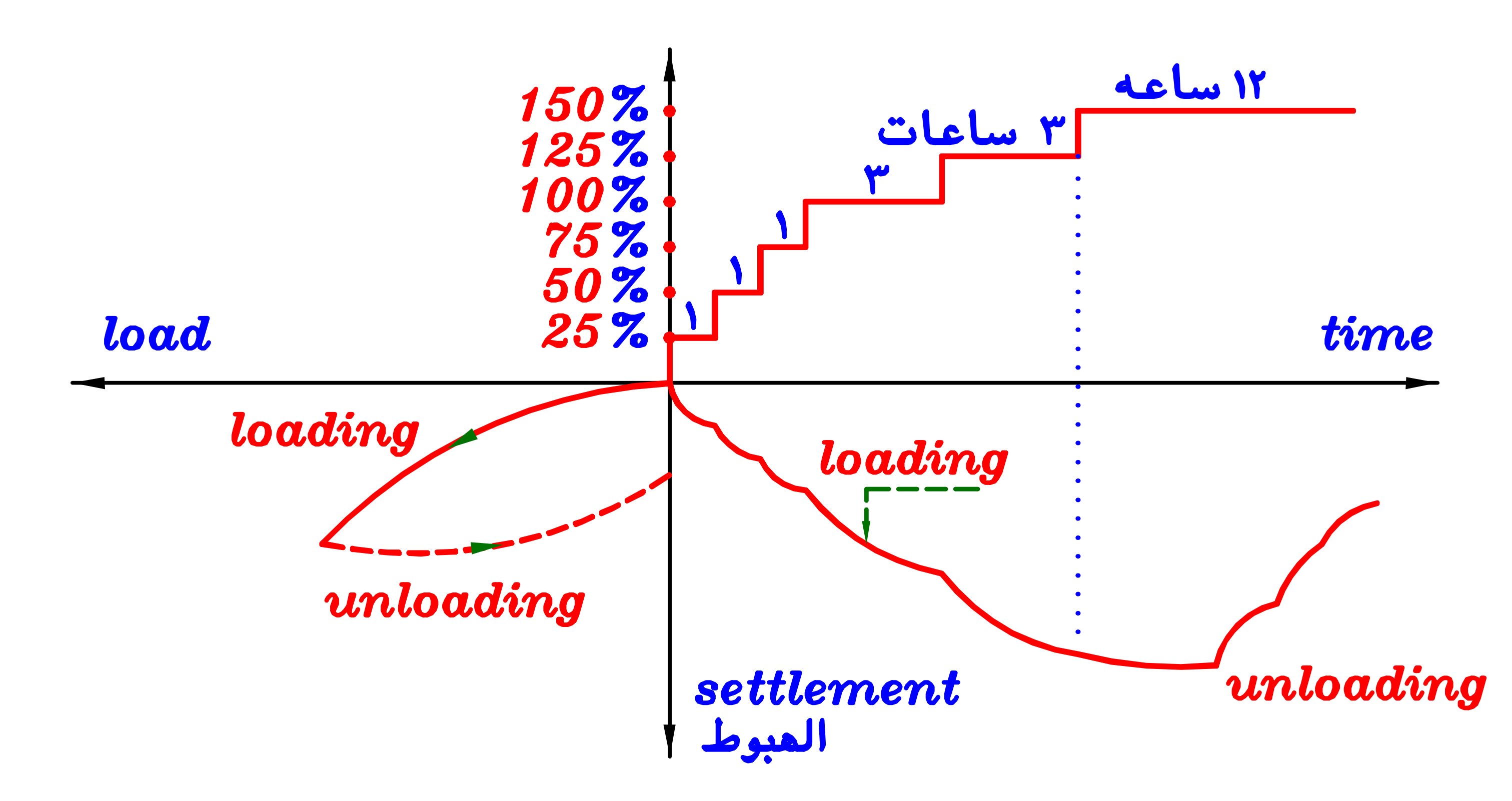
Pile load test.

* لاحظ اننا كل حمل نؤثر به على الخازوق يترك فتره زمنيه و فى أثناء ذلك نأخذ قراءه الهبوط كل دقيقتين .

* يتم زياده التحميل بعد الفترات الزمنيه كالاتى:-

الحمل (% من حمل الخازوق)	المده الزمنيه
25 %	١ ساعه
25 → 50 %	١ ساعه
50 → 75 %	١ ساعه
75 → 100 %	٣ ساعات
125 %	٣ ساعات
150 %	١٢ ساعه

* بعد الوصول الى نسبه التحميل (150 %) يتم عمل unloading حيث نرفع الاحمال بنفس اسلوب زيادتها و لكن فى فترات زمنيه أقل ($\frac{1}{4}$) ساعه



Loading – unloading increment with time.

* How to get the pile capacity From results of pile load test.

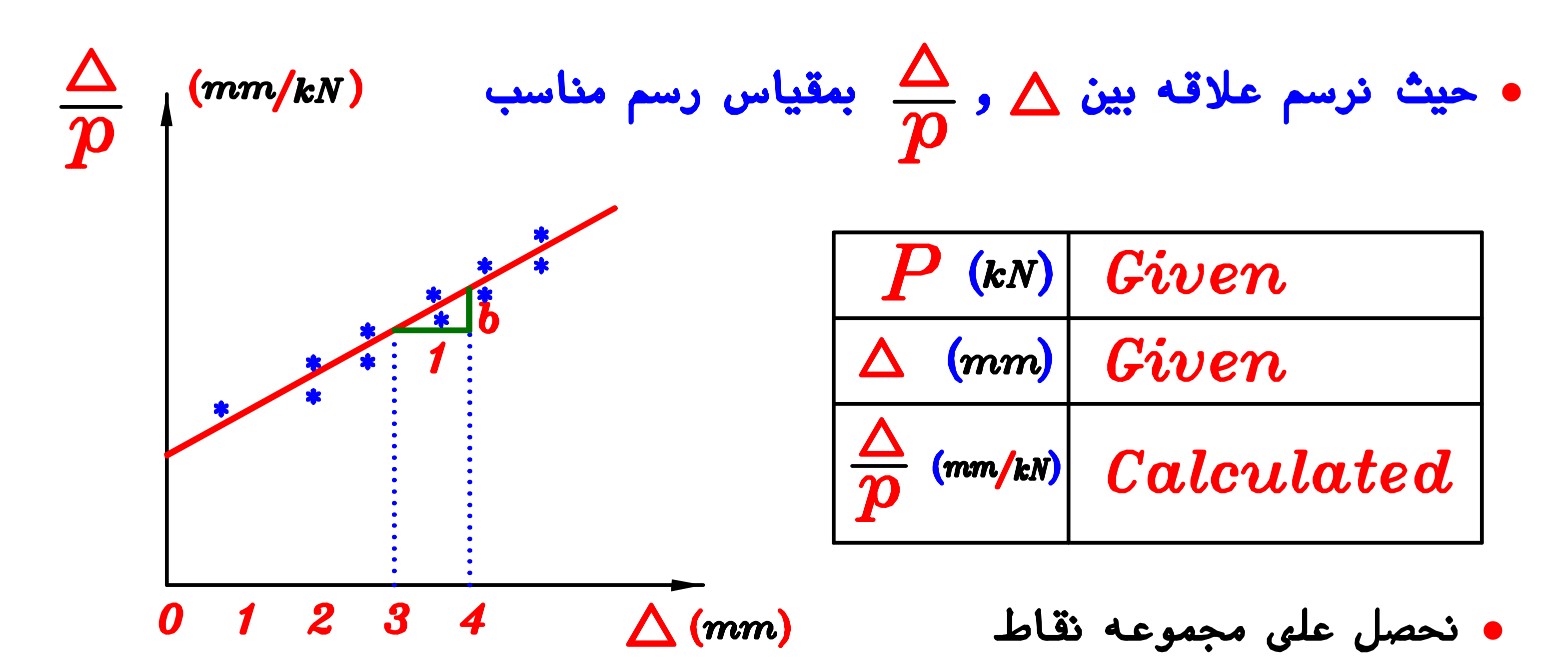
* في النهايه يكون معطى نتائج الاختبار في صوره جدول Δ , P

P	Load (kN)	
Δ	pile (mm) settlement	

* لامكان حساب قدره تحمل الخازوق نستخدم طريقه

Modified chin method

- حيث نرسم علاقه بين Δ , $\frac{\Delta}{p}$ بمقياس رسم مناسب



P (kN)	Given
Δ (mm)	Given
$\frac{\Delta}{p}$ (mm/kN)	Calculated

- نحصل على مجموعه نقاط
- نرسم أفضل خط مستقيم يمر بين هذه النقاط
- نعين ميل الخط في صوره $1 : b$
- نحدد القيمه b
- و بالتالى يكون

best Fit line (slope: 1 : b)

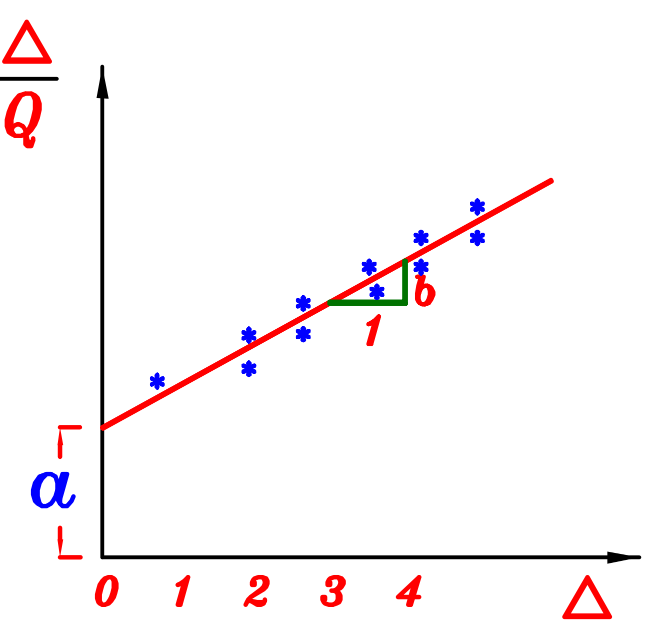
$$Q_{Ult} = \frac{1}{1.2 * b}$$

and

$$Q_{all} = \frac{Q_{Ult}}{F.O.S.}$$

F.O.S.		
2.0	1.75	1.50
load	wind	seismic

a – Modified chin method.



How to get pile capacity From the results of pile load test.

* حيث يتم رسم علاقه بين Δ , $\frac{\Delta}{Q}$ المناظره

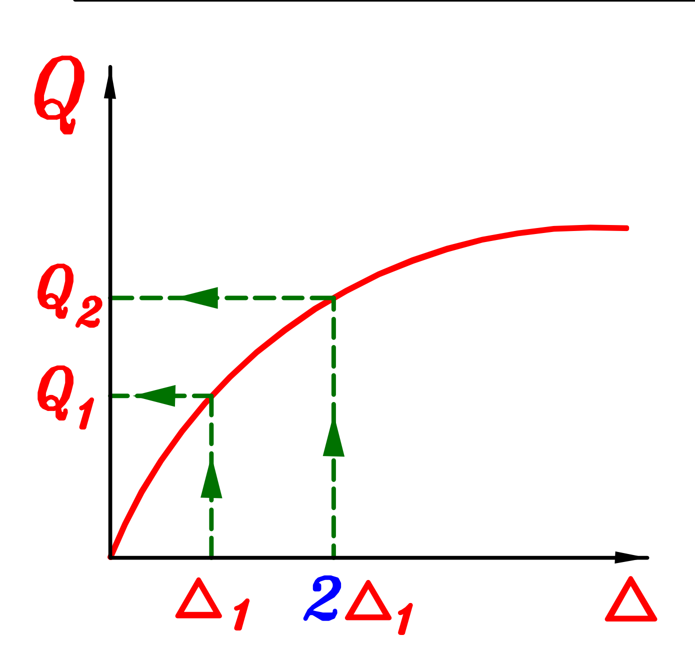
و تكون العلاقه تقريبا خطا مستقيما .

* نعين الثوابت a , b

$$\therefore \quad Q_{Ult} = \frac{1}{1.2 * b}$$

---

b – Brinch hansen method.



* حيث يتم رسم علاقه بين

Δ , Q المقاسان من تجربه التحميل

و يتم استنتاج قيمه ال Q_{Ult}

من ال trials كالاتى :

(1)
- assume $\Delta = \Delta_1$

من المنحنى مباشره

- get Q_1 = ✓✓
- assume $\Delta = 2\Delta_1$
- get Q_2 = ✓✓

IF $Q_2 = \frac{Q_1}{0.9}$ $\quad \therefore Q_{Ult} = Q_2$

(2) IF $Q_2 > \frac{Q_1}{0.9}$ → assume $\Delta = \Delta_2 > \Delta_1$ & Re–check

(3) IF $Q_2 < \frac{Q_1}{0.9}$ → assume $\Delta = \Delta_2 < \Delta_1$ & Re–check

Lateral capacity of single pile.

الفكره.

Force From wind or seismic ← H

P

- اذا كان هناك مجموعه من الخوازيق معرضه لـ Vertical Force P
Horizontal Force H

- فان عدد الخوازيق المطلوب (n) يحسب كالاتى :

$$n_1 = \frac{P}{Q_{all}} = \text{number of piles to resist } P \text{ only.}$$

$$n_2 = \frac{H}{H_{all}} = \text{number of piles to resist } H \text{ only.}$$

∴ No. of piles = الاكبر n_1 or n_2

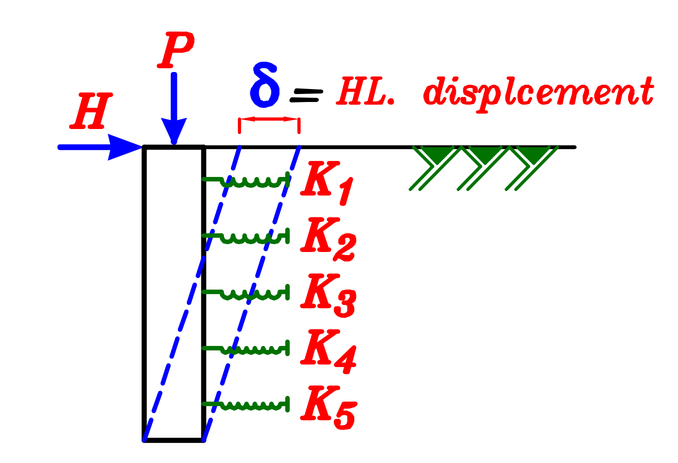
∴ يجب أن نتعلم كيف نحسب قدره تحمل الخازوق للاحمال الافقيه H_{all} , H_{Ult}

Where: H_{Ult} = Ultimate horizontal Force that can be carried by single pile.

H_{all} = Allowable horizontal Force that can be carried by single pile.

Factors affect the horizontal pile capacity.

1– Horizontal subgrade reaction.



* تتوقف قدره تحمل الخازوق للاحمال الافقيه (H_{all}) على طبيعيه مقاومه التربه حول الخازوق لحركه الخازوق الجانبيه داخل التربه (passive resistance)

* و نمثل مقاومه (رد فعل) التربه من خلال Lateral springs

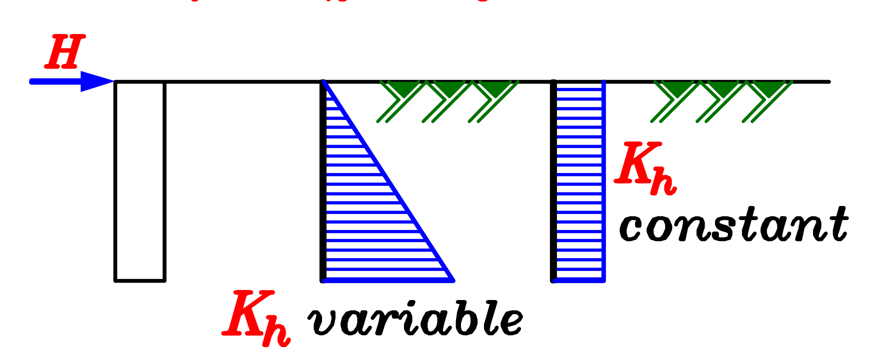
* و نعبر عن رد الفعل على كل springs من خلال معامل رد فعل التربه الجانبى K_h

K_h = horizontal subgrade reaction.
horizontal stress per unit horizontal displacement.

$$K_h = \frac{\sigma_h}{\delta_h} \quad t/m^3 \quad (kN/m^3)$$

* و وجد أن K_h يمكن أن يكون ثابت على كامل طول الخازوق كما أنه يمكن أن يكون متغير (يزيد مع العمق) على كامل طول الخازوق .

- IF K_h is constant $\longrightarrow K_1 = K_2 = K_3 = \cdots\cdots$
- IF K_h is variable $\longrightarrow K_1 < K_2 < K_3 < \cdots\cdots$



Constant K_h

* يحدث ذلك عندما تكون التربه حول الخازوق

Over consolidated clay

و يحسب كالاتى :

$$K_h = \frac{(35 \rightarrow 70) * C_u}{d}$$

constant

kN/m^3

Where:

- d = pile width or diameter.
- C_u = undrained shear strength. $= \frac{q_{un}}{2}$

Variable K_h

* يحدث ذلك عندما تكون التربه حول الخازوق .

Sand or normaly loaded clay

و يحسب كالاتى :

$$K_h = \frac{n * Z}{d}$$

increases with Z

kN/m^3

Where:

- d = pile width or diameter.
- Z = depth From G.S.
- n = Constant F (soil type).

t/m^3 (kN/m^3)

For N.L. Clay.

q_{un} (Kpa)	25	50	100	
n (kN/m^3)	600	1600	3700	

For Sand.

relative density

D_r %	35	65	85	100
n (kN/m^3)	4300	12300	18000	22200

مع ملاحظه أن كل الاعماق (Z) اسفل منسوب G.W.T.

فى حاله التربه الرمليه يجب تخفيض قيمه n من الجدول الى النصف .

or $$K_h = \frac{0.5\, n * Z}{d}$$ For Z under G.W.T. in sand.

2 − Pile type. (From buckling behavior point of view)

* تتوقف قدره تحمل الخازوق للاحمال الجانبيه H_{all} على نوع الخازوق من حيث سلوكه الانبعاجى و هما نوعان :

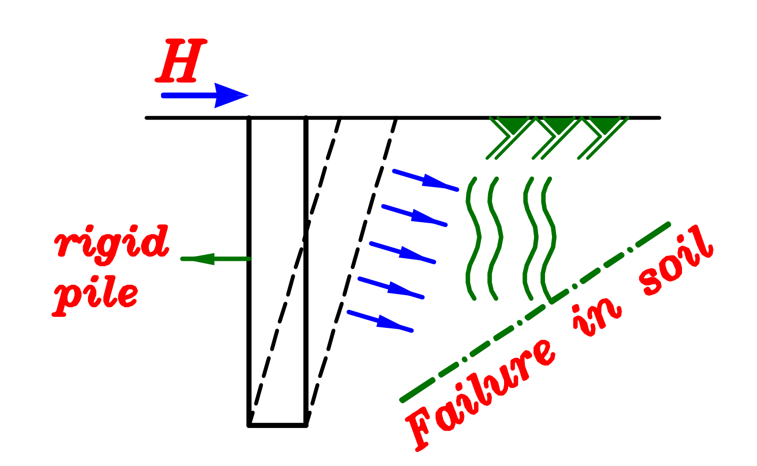
(a) Short (rigid) pile.

هو خازوق ذو طول صغير (rigid)

و بالتالى اذا حدث و كان

$$\frac{H}{pile} > H_{Ult}$$

يحدث انهيار بالتربه



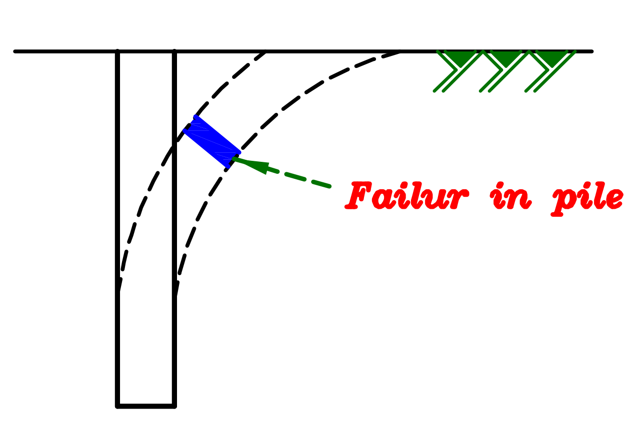
(b) Long (Flexible) pile.

هو خازوق ذو طول كبير و قطر صغير

بالنسبه للطول (Flexible)

$$\frac{H}{pile} > H_{Ult}$$

يحدث انهيار للخازوق نفسه



* و غالبا معظم الخوازيق التى نتعامل معها تكون Long

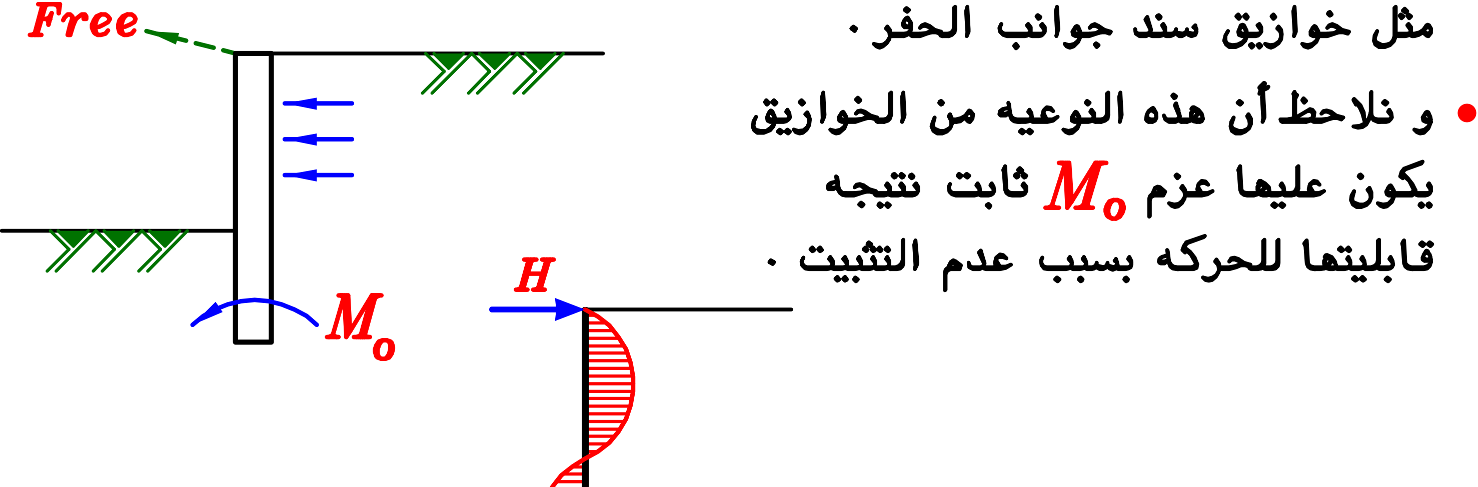
لذلك سنركز فيما بعد على حساب H_{Ult} For long pile

3- Pile end condition. (pile head condition)

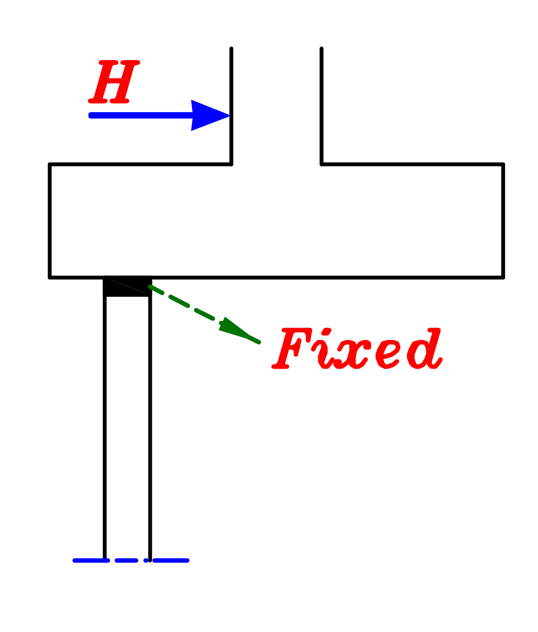
تعتمد H_{all} على طبيعه تثبيت قمه الخازوق و هى تاخذ أحد الشكلين .

(a) Free (head) pile.

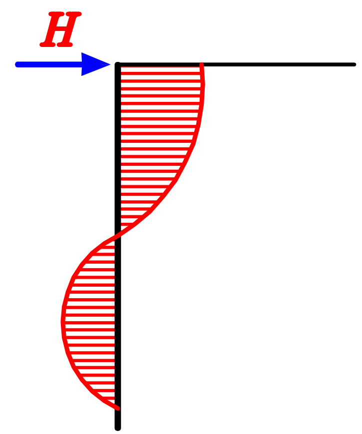
- و هى الخوازيق التى تكون قمتها غير مثبته بـ pile cap مثل خوازيق سند جوانب الحفر .
- و نلاحظ أن هذه النوعيه من الخوازيق يكون عليها عزم M_o ثابت نتيجه قابليتها للحركه بسبب عدم التثبيت .



(b) Fixed (head) pile.



- و هى الخوازيق التى تكون قمتها مثبته فى pile cap لا تسمح لها بالحركه مع التعرض لـ HL. Force



Calculations of lateral capacity.

OF Long (Flexible) pile.

(a) In case Fixed head pile.

use the Following table

	IF K_h is constant	IF K_h is variable
From δ_{max}	$\delta_{max} = \dfrac{H_u}{L_o * K_h * d}$	$\delta_{max} = \dfrac{0.88 * H_u * t^3}{E * I}$
From M_{max}	$M_{max} = \dfrac{H_u * L_o}{2}$	$M_{max} = 0.85 * H_u * t^3$

Where:

- H_u = Ultimate lateral capacity of pile (kN)
- K_h = Horizontal subgrade reaction (kN/m^3)
- d = Pile diameter or width (m)
- E = Concrete modulus of elasticity of pile $\simeq 2 * 10^7$ (kN/m^2)
- I = Inertia of pile section (m^4)

$= \dfrac{d^4}{12}$ For square pile.

$= \pi \dfrac{d^4}{64}$ For circular pile.

- L_o = Equivalent buckling length of pile (m) in case of K_h is constant.

$$L_o = \sqrt[4]{\frac{4\,E\,I}{K_h * d}}$$

- t = Equivalent buckling length of pile (m) in case of K_h is variable.

$$t = \sqrt[5]{\frac{E\,I}{n}}$$

n → constant in $K_h = \frac{n * Z}{d}$

- δ_{max} = Maximum horizontal displacement of pile (m)

- M_{max} = Maximum moment that can be carried by the R.C pile section (bending capacity) (kN.m)

١ــ حيث نحدد ما اذا كانت K_h ثابته أو متغيره (given)

٢ــ ندخل بقيمه δ_{max} اذا كانت given و نساويها بالقانون المقابل و نعين H_u

٣ــ ندخل بقيمه M_{max} اذا كانت given و نساويها بالقانون المقابل و نعين H_u

و فى النهايه ناخذ ال H_u الاقل

(b) In case of Free head pile.

Subjected to constant moment $= M_o$

use the Following table

	IF K_h is constant	IF K_h is variable
From δ_{max}	$\delta_{max} = \frac{2 H_u}{L_o K_h d} + \frac{2 M_o}{L_o^2 K_h d}$	$\delta_{max} = \frac{2.4 H_u t^3}{EI} + \frac{1.55 M_o t^2}{EI}$
From M_{max}	$M_{max} =$ → $0.32 H_u L_o + 0.64 M_o$ أيهما أكبر → $M_o = H_u L_o$	$M_{max} =$ → $0.77 (H_u * t + M_o)$ أيهما أكبر → $M_o = H_u * t$

* حيث ندخل ب δ_{max} , M_{max}

و نعين H_u من القانون المقابل و فى النهايه ناخذ الاقل كما سبق .

ملاحظات هامه .

١ـ من القوانين السابقه نحصل على $H_{max} = H_u$

$$but \; H_{all} = \frac{H_u}{F.O.S.}$$ → given

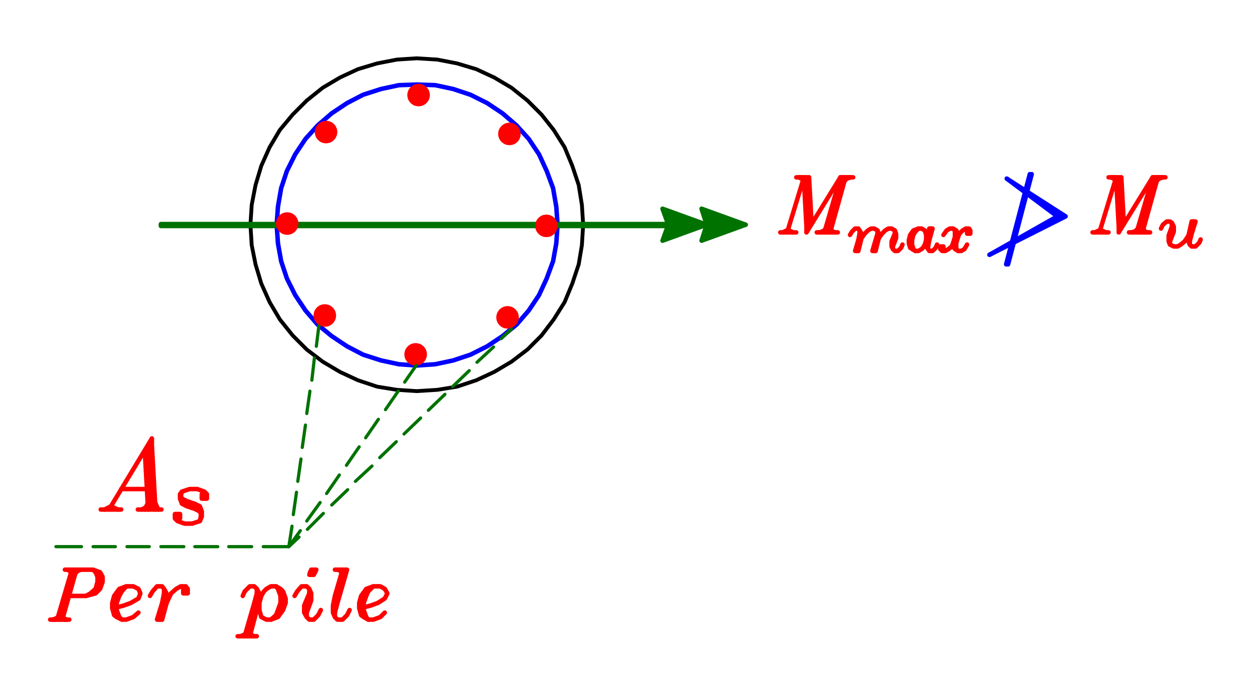
٢ـ يمكن من القوانين السابقه أن تستخدم استخدام عكسى بحيث يكون معلوم

$H_{max} = H_u$ و منها نحدد δ_{max} أو M_{max}

٣ـ $\frac{M_{max}}{pile} = M_u$ of pile R.C section

$$= A_S * F_y * (d - 5cm) * 0.82$$

Cover



Example.

Consider a bored pile 1.0 m diameter and 25.0 m long is embedded fully in granular soil. assuming that the horiz. sub-grade reaction is constant and equals to 12000 kN/m^3 and the maximum displacement at the top of the pile is 8.0 mm determine the allowable lateral load and also the maximum moment per that pile , assuming the Fixed end moment of pile M_o is equal to 100 kN.m and F.O.S. = 2.0

Required. 1- $H_{all} = ??$ 2- $M_{max} = ??$

Solution.

* **Given:**
  - Free head pile — حيث لم يذكر أن الخازوق مثبت فى Cap
  - $d = 1.0\ m$
  - $L = 25\ m$
  - $K_h = 12000\ kN/m^3$ constant
  - $\delta_{max} = 8 * 10^{-3}\ m$
  - $M_o = 100\ kN.m.$
  - $F.O.S. = 2.00$

* For the case of Free head pile & K_h is constant.

- $$\delta_{max} = \frac{2\,H_u}{L_o\,K_h\,d} + \frac{2M_o}{L_o^2\,K_h\,d}$$

- $$M_{max} = \begin{cases} 0.32\,H_u L_o + 0.64\,M_o \\ M_o = H_u\,L_o \end{cases}$$ أيهما أكبر

Where: $L_o = \sqrt[4]{\dfrac{4\,E\,I}{K_h * d}}$

- assume $E = 2 * 10^7 \ kN/m^2$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi\, 1.0^4}{64} = 0.049 \ m^4$$

$$\therefore L_o = \sqrt[4]{\frac{4 * 2 * 10^7 * 0.049}{12000 * 1.0\,m}} = 4.25 \ m$$

$$\therefore \delta_{max} = 8 * 10^{-3} = \frac{2 * H_u}{4.25 * 12000 * 1.0} + \frac{2 * 100}{4.25^2 * 12000 * 1}$$

$$\therefore H_u = 180.47 \ kN$$

$$\therefore H_{all} = \frac{H_u}{F.O.S.} = \frac{180.47}{2.0} = 90.23 \ kN$$

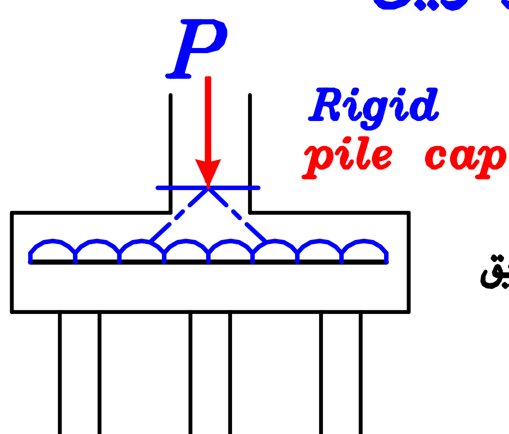
$M_{max} =$
- $\rightarrow 0.32 * \underset{H_u}{180} * 4.25 + 0.64 * \underset{M_o}{100} = 308.8 \ kN.m.$
- $\rightarrow M_o = 100 \ kN.m.$

أيهما أكبر

$$\therefore \boxed{M_{max} = 308.8 \ kN.m.} \ngtr M_u \text{ of pile R.C. section}$$

Design Of Pile Caps.

تصميم هامات الخوازيق



هامه الخازوق (*Pile Cap*)

هى القاعده التى تحمل العمود و تكون مرتكزه على مجموعه الخوازيق

و وظيفتها هى نقل حمل العمود و توزيعه على الـ *Piles*

Bases of design of pile cap.

القواعد الاساسيه عند تصميم هامات الخوازيق

الفكره الاساسيه :

يتم توزيع حمل العمود (*Normal Force*) على الخوازيق بالتساوى .

$$\therefore \quad \text{Load on pile} = \frac{\text{Total load}}{\text{No. of piles}}$$

و لتحقيق ذلك يجب مراعاه ما يلى

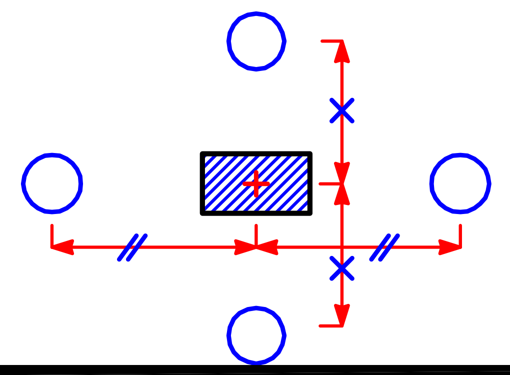
١- ان تكون الـ *pile cap* بقدر الامكان *Rigid*

و ذلك يتحقق من خلال ان يكون تخانه الـ *pile cap* كبيره بما يكفى

لضمان التوزيع المتساوى للحمل $d_{min} = 2\,\phi$ *For bending Rigidity*

٢- ان يكون توزيع الخوازيق اسفل الـ *pile cap* مناسبا لضمان التوزيع المتساوى للحمل

و ذلك يتحقق من خلال وضع الخوازيق على مسافات متساويه بقدر الامكان من محور العمود

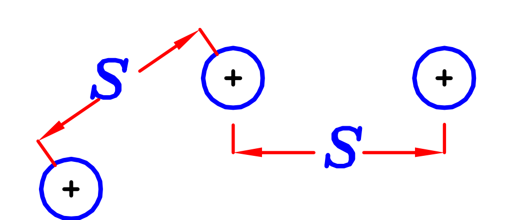


Arrangment of piles. ترتيب الخوازيق

* ترتيب الخوازيق يخضع لعده عوامل :

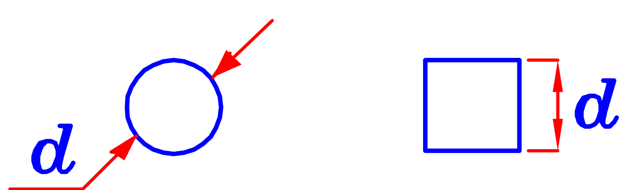
1- Total number of pile (n).
2- Spacing between piles (S).
3- Final shape of pile cap.
4- Load components.

Spacing.



S_{min}	$= 3 * d$	For Friction pile.
	$= 2.5 * d$	For end bearing pile.
	$= 2 * d$	For pile rested on rock.
S_{max}	$= 6 * d$	

where : d = pile diameter or width



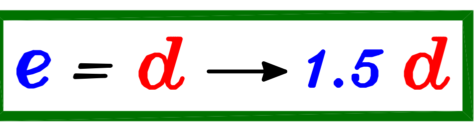
غالبا ما نفضل ترتيب الخوازيق باستخدام S_{min} و ذلك لتوفير ابعاد ال pile cap و تكون ذات مساحه صغيره بقدر الامكان .

اذا لم يكن معلوم نوع الخازوق

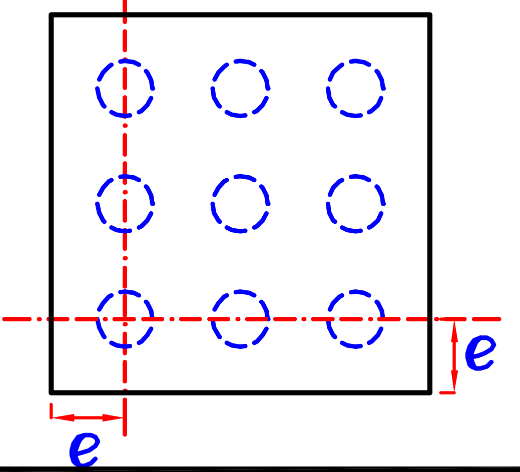
$$S_{min} \simeq 3 * d$$

Edge distance. (e)

تقاس من C.G. الخازوق الى نهايه ال pile cap



$$e = d \longrightarrow 1.5\, d$$



ملحوظه

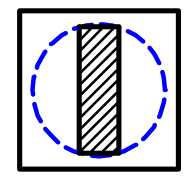
عند وضع مجموعه الخوازيق اسفل ال *pile cap* يجب مراعاه الاتى :

C.G. of All piles = C.G. of pile cap = C.G. of loads

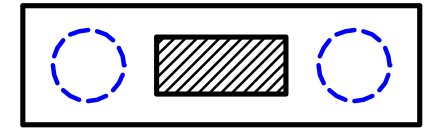
اى ان يكون مركز مجموعه الخوازيق عند مركز مساحه ال *pile cap* عند مركز و ذلك لضمان عدم وجود *eccentricity* قد تعمل على وجود عزوم على الخوازيق.

Samples of pile arrangment.

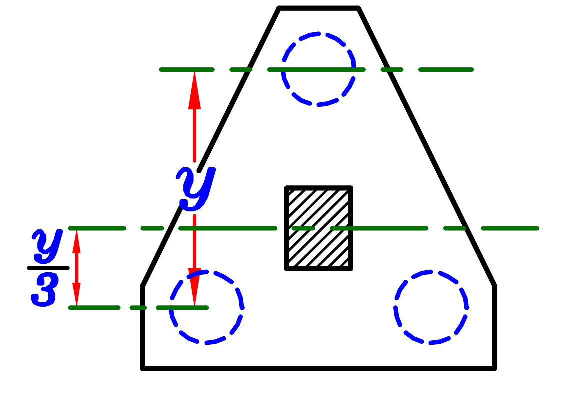
N = 1



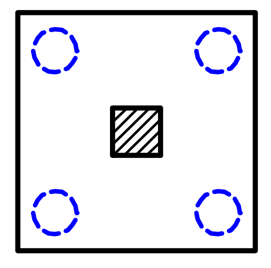
N = 2

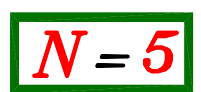


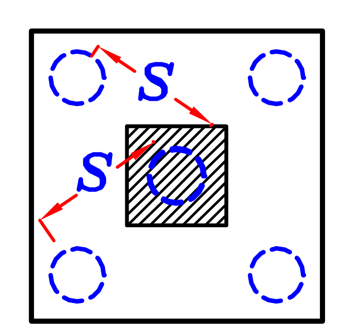
N = 3

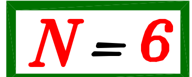


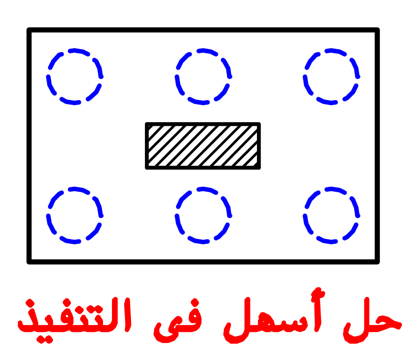
N = 4

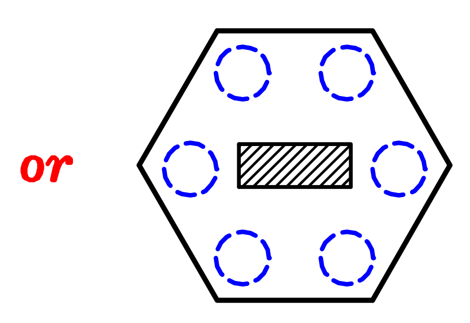


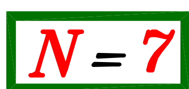

N = 5

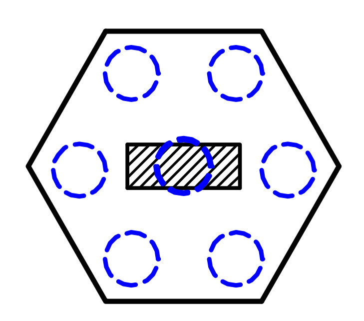

S
S

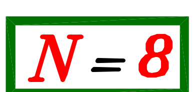

N = 6

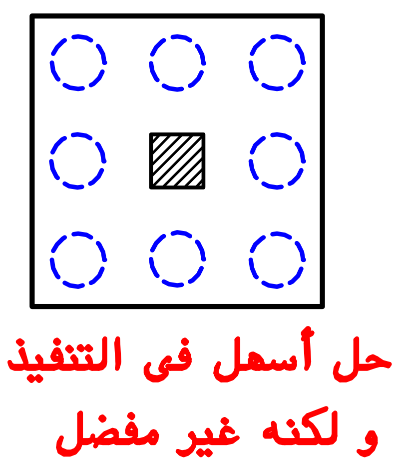

حل أسهل فى التنفيذ

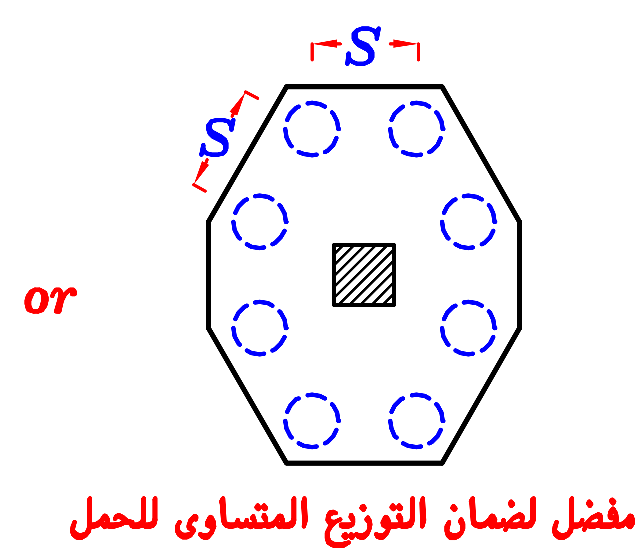

or

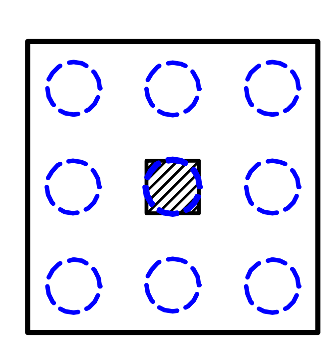

N = 7



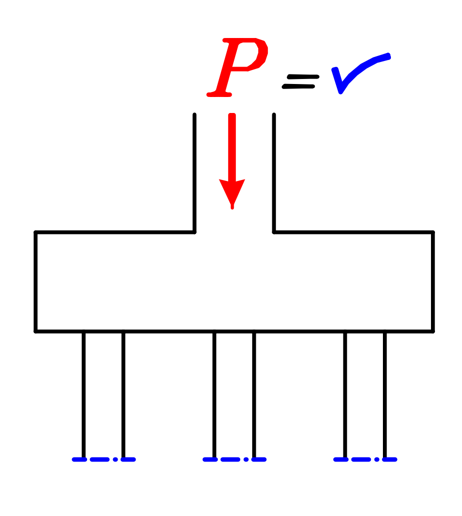

N = 8


حل أسهل فى التنفيذ
و لكنه غير مفضل


or
S
S
مفضل لضمان التوزيع المتساوى للحمل



Steps of Design. خطوات التصميم



1- Calculate number of piles.

$$n_{piles} = \frac{1.15 * P}{Q_{all}}$$

زياده على حمل العمود 15%

نتيجه وزن الـ pile cap و الردم فوقها

و بعد تحديد قيمه n_{piles} تقرب لاقرب رقم صحيح بالزياده

2- assume $S_{min} \simeq 3 * d$

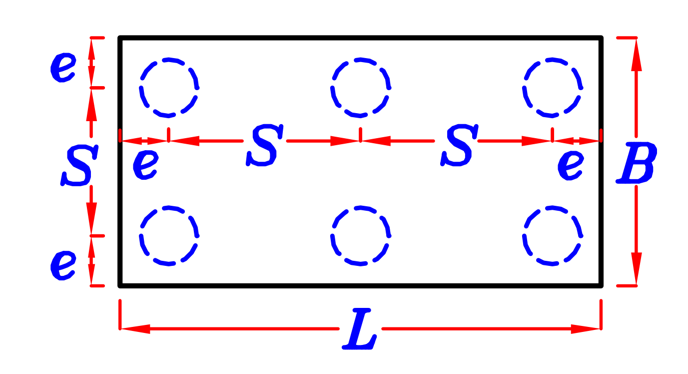
and make a suitable piles arrangement.

3- From pile arrangement get the dimensions of pile cap.

Example.

$$L = 2S + 2e$$

$$B = S + 2e$$



4- Calculate ultimate limits reaction on pile.

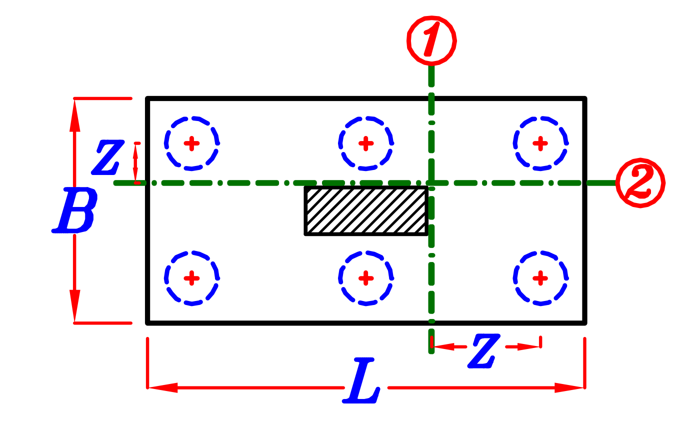
$$Q_u \backslash pile = \frac{1.5 * P}{n_{piles}}$$

n_{piles} العدد النهائى بعد التقريب

5- Critical sections For moments.

القطاع الحرج للعزوم يكون عند وش العمود من الجهتين .

$$M_{U1} = \sum Q_U * Z$$ at Sec.(1-1)



مجموع حاصل ضرب كل رد فعل على الخازوق
فى بعد C.G. الخازوق عن Sec.(1-1)

$$M_{U2} = \sum Q_U * Z$$ at Sec.(2-2)

مجموع حاصل ضرب كل رد فعل على الخازوق فى بعد C.G. الخازوق عن Sec.(2-2)

$$\therefore\ d_1 = C_1\sqrt{\frac{M_{U1}}{F_{cu} * B}} \quad , \quad d_2 = C_1\sqrt{\frac{M_{U1}}{F_{cu} * L}}$$

By taking $C_1 \simeq 5.0 \xrightarrow{Get} d_1, d_2$

Take d is the bigger value of d_1, d_2

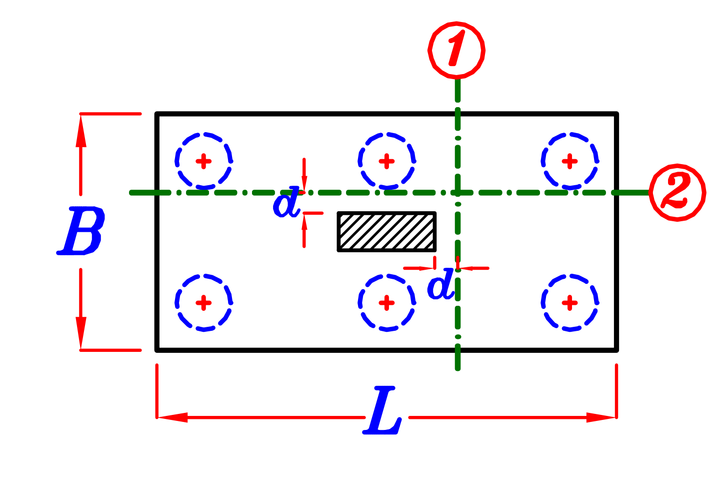
Check $d_{min} = 2\,\phi$ ---- ϕ is the pile diameter

IF $d < d_{min} \xrightarrow{Take} d = d_{min}$

6- Check shear.

القطاع الحرج للقص يكون عند مسافه d من وش العمود من الجهتين .

$$Q_{SU} = \sum Q_U * n$$



مجموع حاصل ضرب كل رد فعل الخازوق
فى عدد الخوازيق الواقعه خلف القطاع الحرج

Example.

$$Q_{SU1} = Q_U * 2$$

$$Q_{SU2} = Q_U * 3$$

Calculate Actual shear stresses.

$$q_{su_1} = \frac{Q_{su_1}}{d * B}$$

$$q_{su_2} = \frac{Q_{su_2}}{d * L}$$

Calculate Allowable shear stresses.

$$q_{s_{all}} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$$

To check shear.

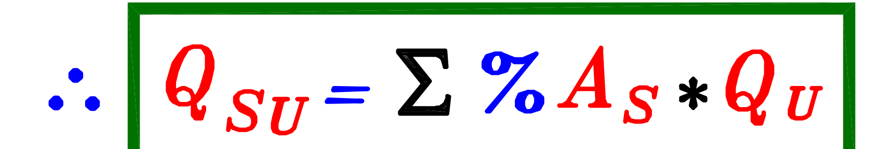
IF $q_{su_1} < q_{s_{all}}$ and $q_{su_2} < q_{s_{all}}$ → Safe Shear

IF $q_{su_1} > q_{s_{all}}$ OR $q_{su_2} > q_{s_{all}}$ → UnSafe Shear

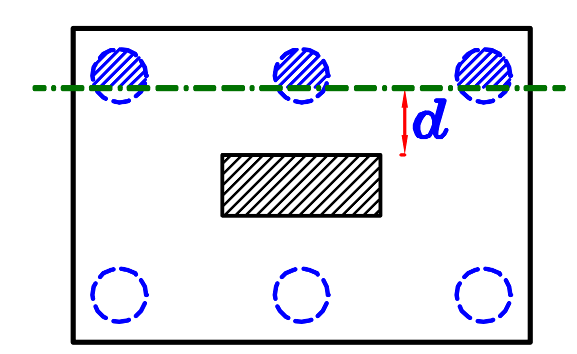
Increase d

ملاحظات هامه .

١- اذا قطع القطاع الحرج فى القص الخوازيق .
من الممكن أخذ نسبه من قوى الخوازيق التى ستعمل *Shear*
عند الـ *critical sec.* و ليس كلها .



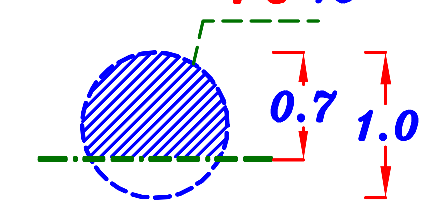
$$\therefore \quad Q_{SU} = \sum \% A_S * Q_U$$



$\% A_S$ هى نسبه الجزء الشغال من قوه الـ *shear*
و تحسب كنسبه من الطول الشغال الى قطر الخازوق كله

Example.

$$Q_{SU} = 3 * (70\ \%) * Q_U$$

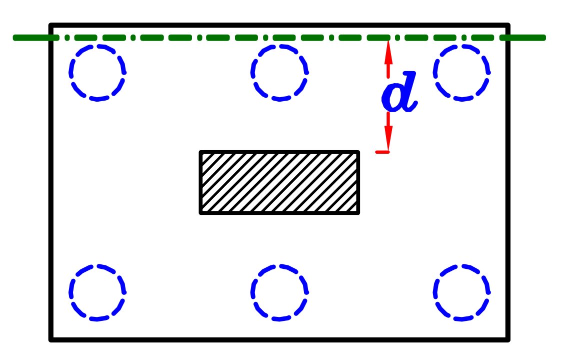


اذا كان حساب نسبه المساحه صعب من الممكن تجاهل هذه النسبه و أخذ قوه الخازوق كلها .

٢- اذا قطع القطاع الحرج فى القص خلف الخوازيق .

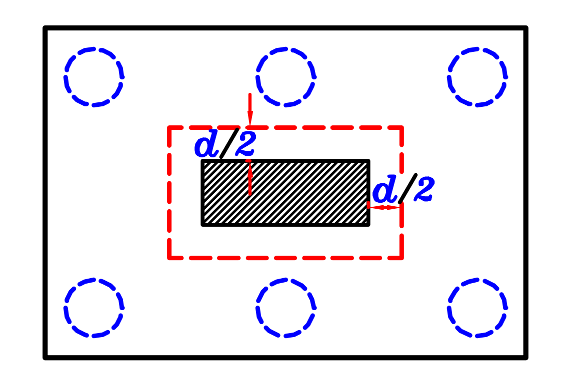
$$\therefore \quad Q_{SU} = Zero$$

No need to check shear



7- Check Punching.

على بعد $\frac{d}{2}$ من وش العمود من كل ناحيه .



$$Q_{Punch} = 1.5 * P_{Col} - \sum Q_{U_{pile}}$$

$\sum Q_{U_{pile}}$ مجموع ردود افعال الخوازيق التى قد تقع داخل النطاق الحرج

Calculate Actual punching stress.

$$q_p = \frac{Q_{Punch}}{d * perimeter}$$

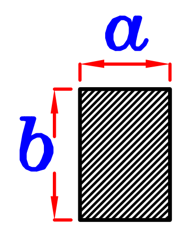
perimeter

d/2

d/2

Calculate Allowable punching stresses.

$$q_{pcu} = 0.316 \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad (N/mm^2)$$



IF $\left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \geq 1.0$ Take → $q_{pcu} = 0.316 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$ (N/mm^2)

To Check Punching.

IF $q_p \leq q_{pcu}$ ------ Safe Punching

IF $q_p > q_{pcu}$ ------ UnSafe Punching

Increase d

8- $t = d + Cover$

$Cover = (100 \longrightarrow 150\ mm)$

9- Calculation of RFT.

$\because C_1 = 5.0 \longrightarrow J = 0.826$

$$A_{s1(Total)} = \frac{M_{U1}}{J * F_y * d} = \checkmark\ mm^2/B$$

$$A_{s2(Total)} = \frac{M_{U2}}{J * F_y * d} = \checkmark\ mm^2/L$$

$$A_{s1} = \frac{A_{s1(Total)}}{B} = \checkmark\ mm^2/m$$ سفلى

B ---- بالمتر

$$A_{s2} = \frac{A_{s2(Total)}}{L} = \checkmark\ mm^2/m$$ سفلى

L ---- بالمتر

check $A_{s1}\ \&\ A_{s2} \nless A_{smin}$

where: $A_{smin}\ (mm^2/m) = 1.5 * d_{(mm)}$

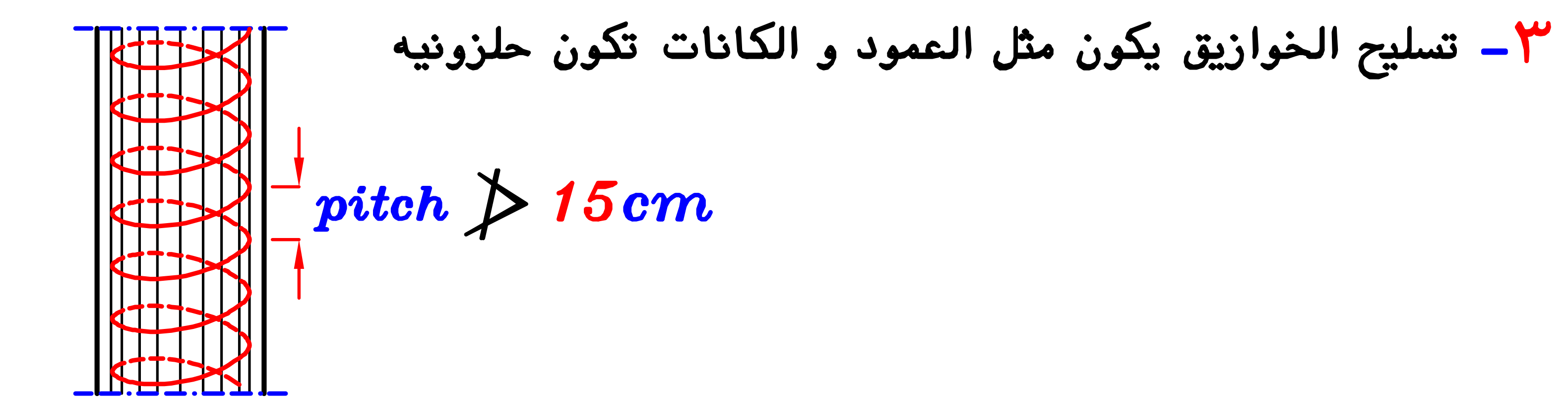
Notes on Drawing Reinforcement For Piles and Caps.

ملاحظات عامه على تفاصيل التسليح .

١- يتم رسم الخوازيق بخطوط *dotted*

٢- يجب عمل محاور صغيره بين كل صف او عمود خوازيق و ذلك بخلاف محاور العمود .

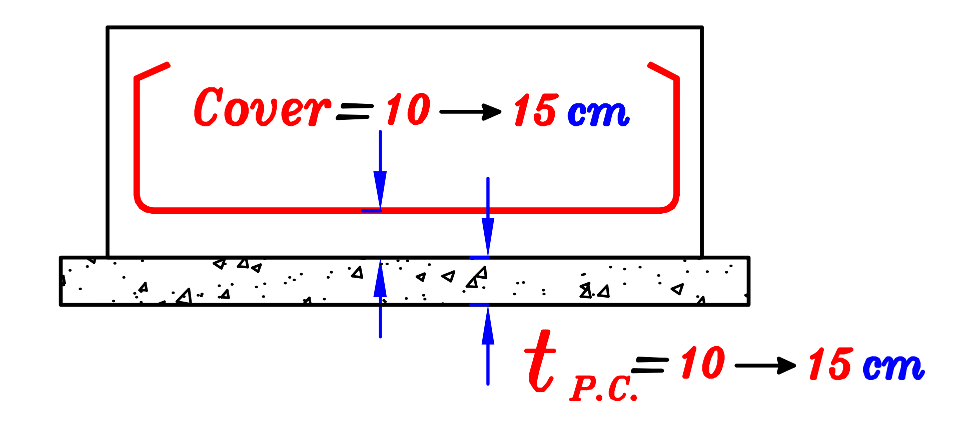
٣- تسليح الخوازيق يكون مثل العمود و الكانات تكون حلزونيه



٤- كتابه المناسيب كما فى حاله الـ *Shallow Foundation*

٥- يتم وضع فرشه خرسانه عاديه (*P.C.*) اسفل الـ *pile cap*
بحيث تكون تخانتها فى حدود ١٠ ⟵ ١٥ سم

$$t_{P.C.} = 10 \longrightarrow 15 \, cm$$



Example.

It is required to design an isolated pile cap to support a column (40 * 110) cm. carries ultimate limit axial load of 5000 kN, if the pile capacity is 800 kN and its diameter is 500 mm

($F_{cu} = 30\ N/mm^2$, $F_y = 360\ N/mm^2$).

and draw details of RFT. to scale 1:50

Solution.

Data given:

Column dimensions (400 * 1100) mm

$P_{col.}$ (working) = 5000 kN Q_{pile} = 800 kN ϕ_{pile} = 500 mm

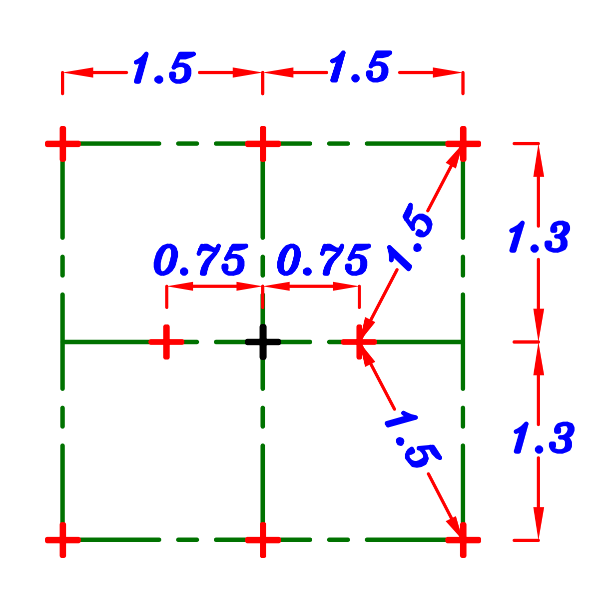
$F_{cu} = 30\ N/mm^2$ $F_y = 360\ N/mm^2$

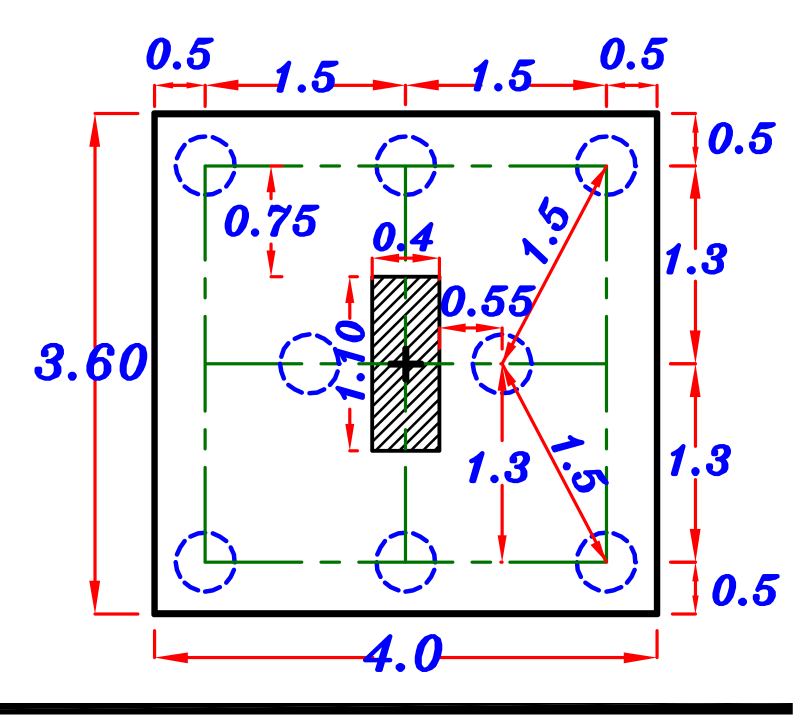
$$n_{piles} = \frac{1.15 * 5000}{800} = 7.18 \xrightarrow{Take} 8.0 \text{ piles}$$

$$\therefore\ Q_U/pile = \frac{1.50 * 5000}{8} = 937.5\ kN$$

assume $S = 3 * d = 3 * 0.5 = 1.50\ m$

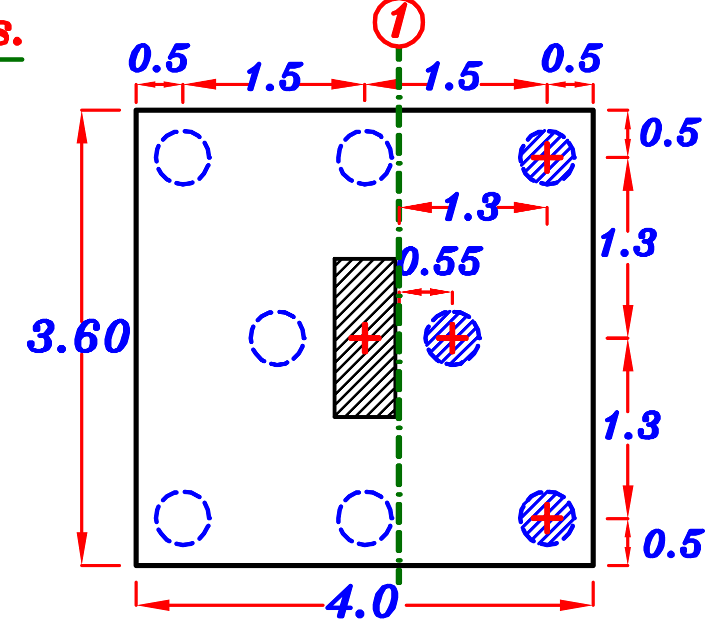
$e = d = 0.50\ m$





Critical sections For moments.

Sec. (1-1)



$$M_{U1} = 2*937.5\,(1.3) + 1*937.5\,(0.55) = 2953 \ kN/3.6\,m$$

Sec. (2-2)

0.5 1.5 1.5 0.5
0.5
0.75
2
1.3
1.3
0.5
4.0

$$M_{U2} = 3*937.5\,(0.75) = 2109 \ kN/4.0\,m$$

By taking $C_1 \simeq 5.0$

$$d_1 = 5.0\sqrt{\frac{2953*10^6}{30*3600}} = 826 \ mm$$

$$d_2 = 5.0\sqrt{\frac{2109*10^6}{30*4000}} = 662 \ mm$$

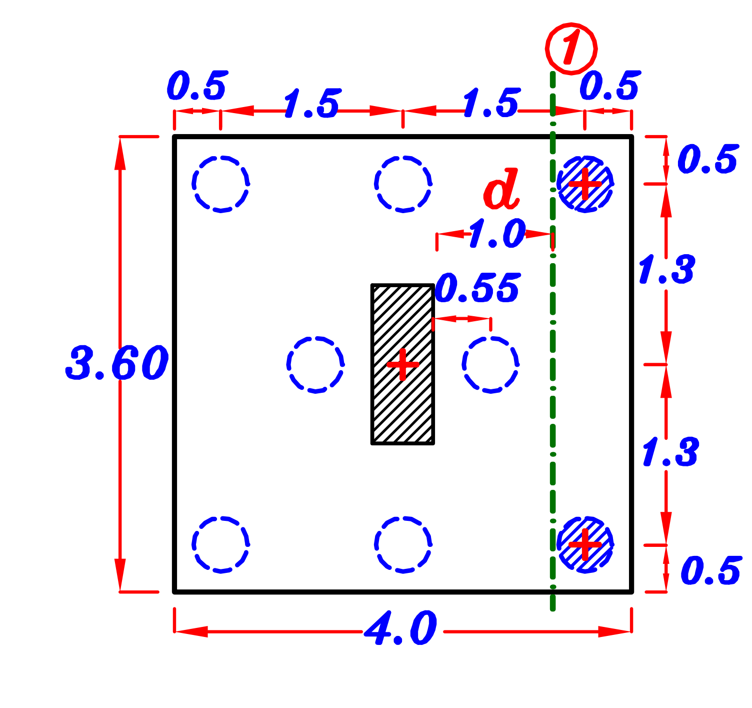
$= 826 \ mm$

But $d_{min} = 2\,\phi = 2*500 = 1000 \ mm$

$\because d < d_{min} \xrightarrow{Take} d = d_{min} = 1000 \ mm$

Check shear.

Sec. (1–1)



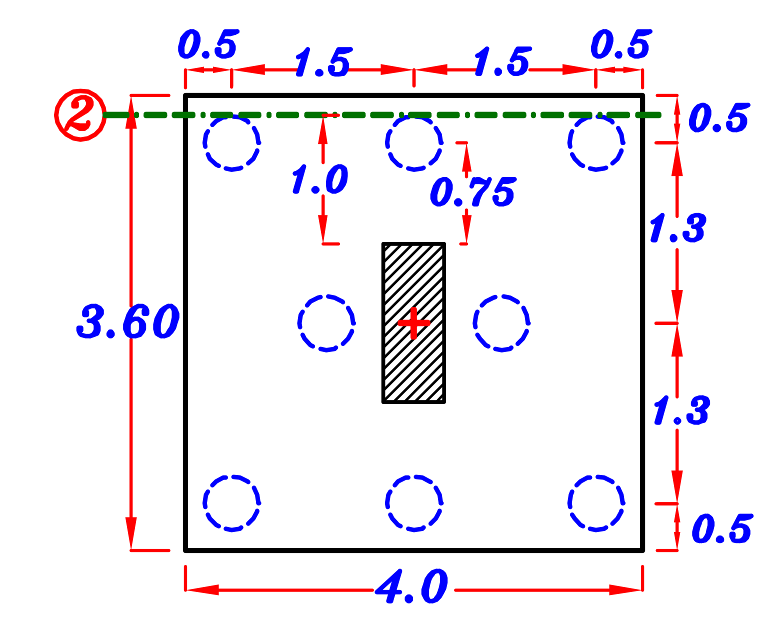
$$Q_{SU1} = 2 * 937.5$$

$$= 1875 \ kN$$

$$q_{SU1} = \frac{Q_{SU1}}{d * B}$$

$$= \frac{1875 * 10^3}{1000 * 3600} = 0.52 \ N/mm^2$$

Sec. (2–2)



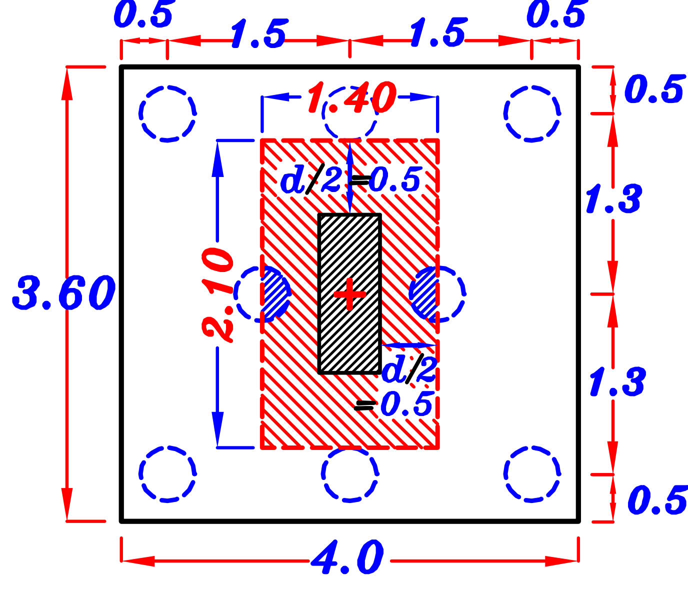
$$Q_{SU2} = Zero$$

$$q_{Sall} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.16 \sqrt{\frac{30}{1.5}} = 0.715 \ N/mm^2$$

$$\because \left.\begin{array}{l} q_{SU1} < q_{Sall} \\ q_{SU2} < q_{Sall} \end{array}\right] \therefore \text{Safe Shear}$$

Check Punching.

على بعد $\frac{d}{2}$ من وش العمود من كل ناحيه .



$$Q_{Punch} = 1.5 * P_{Col} - \sum Q_{Upile}$$

$$Q_{Punch} = 1.5\,(5000) - 2 * 0.5 * 937.5 = 6562.5 \ kN$$

$$q_p = \frac{Q_{Punch}}{d * perimeter} = \frac{6562.5 * 10^3}{1000\,(2*1400 + 2*2100)} = 0.94 \ N/mm^2$$

$$q_{pcu} = 0.316\,(0.5 + \frac{a}{b})\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$$

$$= 0.316\,(0.5 + \frac{40}{110})\sqrt{\frac{30}{1.5}} = 1.22 \ N/mm^2$$

$\therefore$ $q_p < q_{pcu}$ ------ Safe Punching

$$d = 1000 \ mm$$

$$t = 1000 + 150 = 1150 \ mm$$

RFT. $\because C_1 = 5.0 \longrightarrow J = 0.826$

$$A_{s_{min}} (mm^2/m') = 1.5 * d = 1.5 * 1000 = 1500 \ mm^2/m'$$

$$A_{s1(Total)} = \frac{2953 * 10^6}{0.826 * 360 * 1000} = 9930 \ mm^2/3.6$$

$$A_{s1} = \frac{9930}{3.6} = 2758 \ mm^2 > A_{s_{min}}$$

$$8\phi22/m'$$

$$A_{s2(Total)} = \frac{2109 * 10^6}{0.826 * 360 * 1000} = 7092 \ mm^2/4.0$$

$$A_{s2} = \frac{7092}{4.0} = 1773 \ mm^2 > A_{s_{min}}$$

$$7\phi18/m'$$

RFT.

(± 0.00)
(− 0.60)
(− 1.75)
(− 1.90)
ϕ12
8ϕ22/m`
7ϕ18/m`

Sec x−x

4.00
0.15 0.5 0.75 0.75 0.75 0.75 0.5 0.15
0.15
0.5
1.3
1.3
0.5
0.15
3.60
x x
7ϕ18/m`
0.5
8 ϕ22/m`

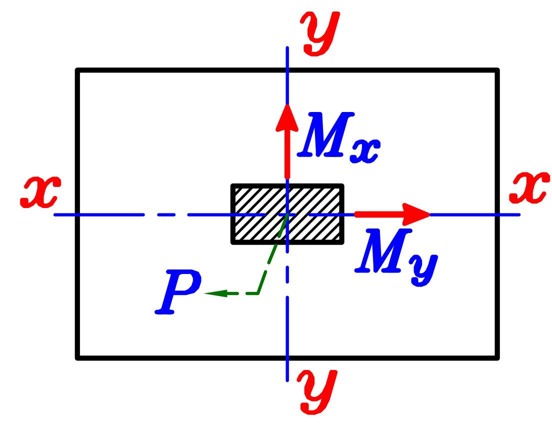
Plan

Design of Pile Cap subjected to M & P.

Case of double variable moments.

1- Calculate number of piles.

$$n_{piles} = \frac{1.15 * P}{Q_{all}} * (1+e_x)(1+e_y)$$



Where : $e_x = \frac{M_y}{P}$ $e_y = \frac{M_x}{P}$

2- Pile arrangement.

يتم توزيع الـ Piles مع مراعاه $S_{min} \simeq 3 * d$ و $e = d \rightarrow 1.5\,d$

2- Check Normal Stresses.

Calculate the max & min actual stresses.

$$Q_{max}\backslash pile = \frac{1.5 * P}{n} + \frac{M_y * x_{max}}{\sum x_i^2} + \frac{M_x * y_{max}}{\sum y_i^2}$$

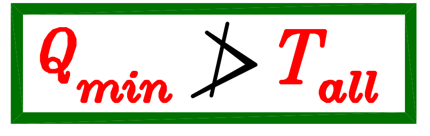
$$Q_{min}\backslash pile = \frac{1.5 * P}{n} - \frac{M_y * x_{max}}{\sum x_i^2} - \frac{M_x * y_{max}}{\sum y_i^2}$$

* و ذلك فى حاله كون خازوق معين يقع عند x_{max} , y_{max} فى نفس الوقت

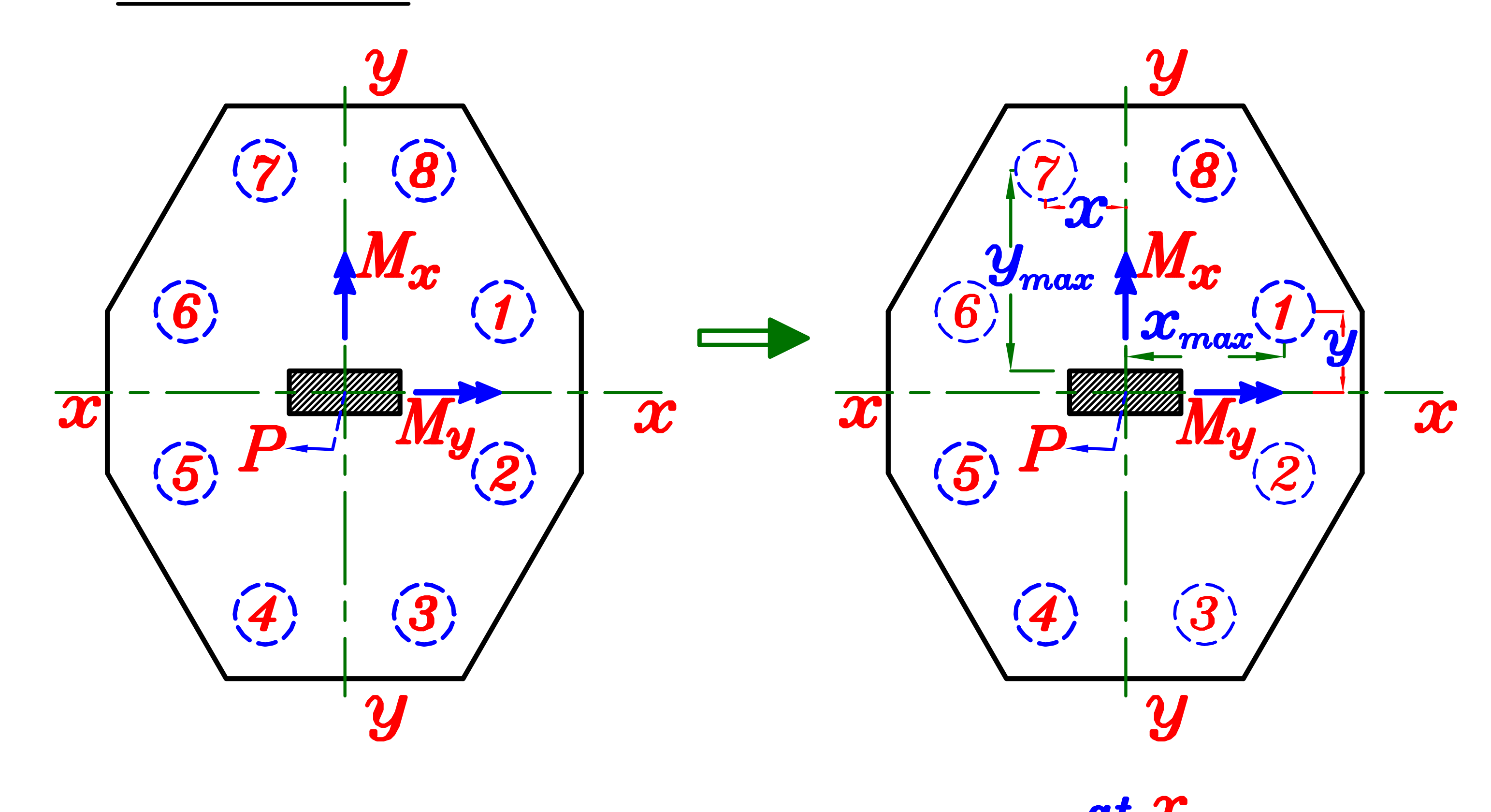
* اما لو كان x_{max} ليست عند y_{max} و y_{max} ليست عند x_{max}

فنحسب مره عند x_{max} و الـ y التى عندها
و مره اخرى عند y_{max} و الـ x التى عندها
كما فى حاله المثال القادم

Check $Q_{max} \ngtr Q_{all}$

Check $Q_{min} \nless Zero$ OR  $Q_{min} \ngtr T_{all}$ IF Tension

Example.



$$\underset{\text{at pile 1}}{Q_{max}} = \frac{1.15 * P}{n} + \frac{M_y * x_{max}}{\sum x_i^2} + \frac{M_x * y \ (\text{at } x_{max})}{\sum y_i^2} \not> Q_{all}$$

$$\underset{\text{at pile 8}}{Q_{max}} = \frac{1.15 * P}{n} + \frac{M_y * x \ (\text{at } y_{max})}{\sum x_i^2} + \frac{M_x * y_{max}}{\sum y_i^2} \not> Q_{all}$$

$$\underset{\text{at pile 5}}{Q_{max}} = \frac{1.15 * P}{n} - \frac{M_y * x_{max}}{\sum x_i^2} - \frac{M_x * y \ (\text{at } x_{max})}{\sum y_i^2} \not< Zero \text{ OR } \not> T_{all} \text{ IF Ten.}$$

$$\underset{\text{at pile 4}}{Q_{max}} = \frac{1.15 * P}{n} - \frac{M_y * x \ (\text{at } y_{max})}{\sum x_i^2} - \frac{M_x * y_{max}}{\sum y_i^2} \not< Zero \text{ OR } \not> T_{all} \text{ IF Ten.}$$

IF unsafe ⟶ Increase n and Recheck

4- Calculate ultimate limits reaction on each pile.

$$Q_{Ui} = \frac{1.15 * P}{n} \pm \frac{1.5 * M_y * x_i}{\sum x_i^2} \pm \frac{1.5 * M_x * y_i}{\sum y_i^2}$$

Where:

x = +Ve value in side of compression of M_y

x = −Ve value in side of compression of M_y

y = +Ve value in side of compression of M_x

y = −Ve value in side of compression of M_x

5- Critical sections For moments.

6- Check shear.

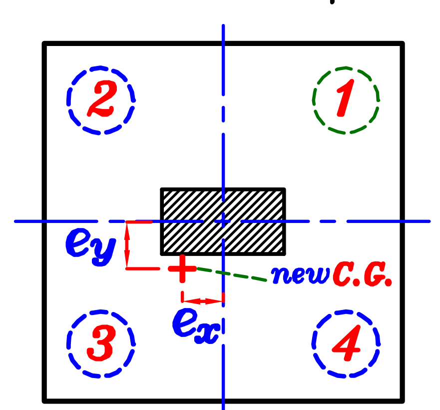
7- Check Punching.

كما سبق مع مراعاه اختلاف القوى على الخوازيق

ملاحظات .

* فى التنفيذ اذا حدثت عيوب فى التنفيذ بحيث اثرت على كفائه خازوق معين . سيتم اعتبار هذا الخازوق كأنه لم يكن . و ستتم اعادة الحسابات مره أخرى .

Example.



اذا كان الخازوق رقم (1) به عيوب فى التنفيذ لذا سيتم اعتباره كأنه لم يكن .

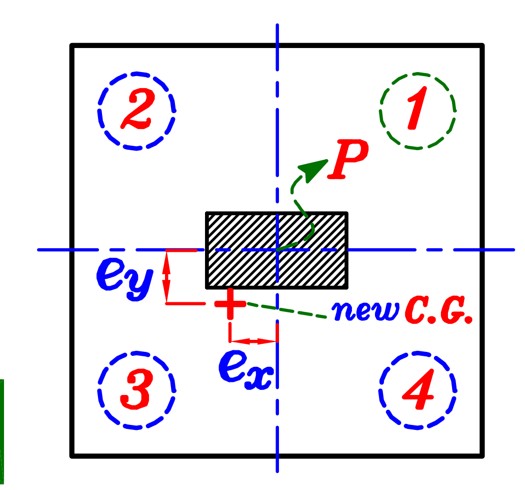
١- سيكون العدد الفعلى للخوازيق اسفل العمود $(n_{actual} = n - 1)$

٢- سيتغير مكان $C.G.$ مجموعه الخوازيق الجديده و لن يكون عند $C.G.$ العمود

$$e_x = \frac{\sum A_i * x_i}{\sum A_i}$$

$$e_y = \frac{\sum A_i * y_i}{\sum A_i}$$

حيث x_i , y_i بُعد $C.G.$ كل خازوق عن $C.G.$ العمود



٣- سيتولد عزوم على مجموعه الخوازيق

$$M_x = P * e_y \quad , \quad M_y = P * e_x$$

٤- تصبح مجموعه الخوازيق عليها P , M_x , M_y و تصمم كما ذكرنا سابقا مع مراعاه معادله توزيع الاحمال على الخوازيق

$$Q/pile = \frac{1.15 * P}{n_{new}} \pm \frac{1.5 * M_y * x_i}{\sum x_i^2} \pm \frac{1.5 * M_x * y_i}{\sum y_i^2}$$

حيث x_i , y_i هما بعد $C.G.$ الخوازيق عن ال $C.G.$ new لمجموعه الخوازيق

Example.

It is required to design an isolated pile cap to support a Column (700 * 1100 mm) with the given loads :

$N = 5000$ kN

$M_x = 500$ kN.m

$M_y = 600$ kN.m

$Q_{all_{pile}} = 800$ kN

Pile diameter = 50 cm

($F_{cu} = 30$ N/mm², $F_y = 360$ N/mm²).

Solution.

$$e_x = \frac{M_y}{P} = \frac{600}{5000} = 0.12 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} = \frac{500}{5000} = 0.10 \text{ m}$$

assume

$$n_{pile} = \frac{1.15 * P}{Q_{all}} * (1 + e_x)(1 + e_y)$$

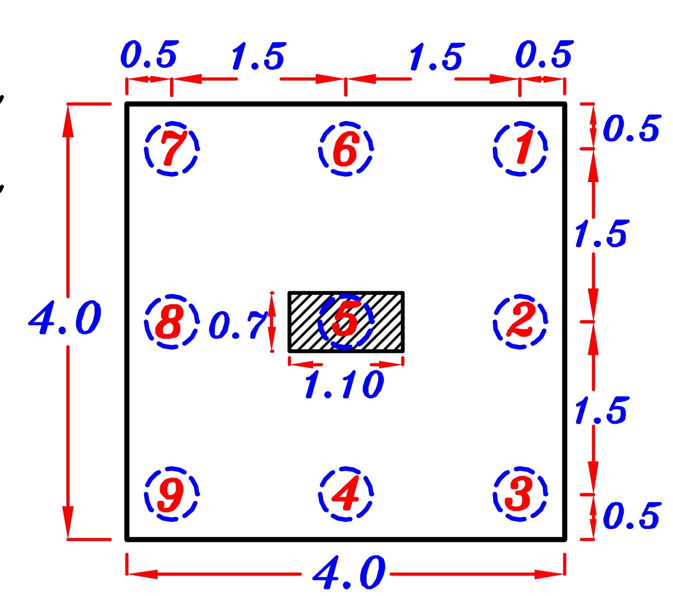
$$n_{pile} = \frac{1.15 * 5000}{800} * (1 + 0.12)(1 + 0.10) = 8.85$$

$$n_{pile} = 9.0$$

use 9 piles

* assume $S = 3\,d = 1.50\,m$

$e = d = 0.50\,m$



* $\sum x_i^2 = 3 * [1.5^2] * 2 + 3(0.0)$

$= 13.5\,m^2$

$$\sum x_i^2 = \sum y_i^2 = 13.5\,m^2$$

0.5 1.5 1.5 0.5
7 6 1
M_x
4.0 8 0.7 5 2
P 1.10 M_y
9 4 3
0.5 1.5 1.5 0.5
4.0

Check. Q_{max} & Q_{min}

$Q_{max} = Q_1$

$$= \frac{1.15 * 5000}{9} + \frac{600 * 1.5}{13.5} + \frac{500 * 1.5}{13.5} = 761.1\ kN$$

$Q_{max} < Q_{all} = 800\ kN \longrightarrow$ Safe

$Q_{min} = Q_9$

$$= \frac{1.15 * 5000}{9} - \frac{600 * 1.5}{13.5} - \frac{500 * 1.5}{13.5} = 516\ kN$$

$Q_{min} > Zero \longrightarrow$ Safe

* Ultimate loads on piles.

X | Y

$$Q_{1u} = \frac{1.5 * 5000}{9} + \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} + \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 1016 \text{ kN}$$

$$Q_{2u} = \frac{1.5 * 5000}{9} + \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} + \text{Zero} = 933 \text{ kN}$$

$$Q_{3u} = \frac{1.5 * 5000}{9} + \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} - \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 850 \text{ kN}$$

$$Q_{4u} = \frac{1.5 * 5000}{9} + \text{Zero} - \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 750 \text{ kN}$$

$$Q_{5u} = \frac{1.5 * 5000}{9} + \text{Zero} + \text{Zero} = 833 \text{ kN}$$

$$Q_{6u} = \frac{1.5 * 500}{9} + \text{Zero} + \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 916 \text{ kN}$$

$$Q_{7u} = \frac{1.5 * 500}{9} - \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} + \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 816 \text{ kN}$$

$$Q_{8u} = \frac{1.5 * 500}{9} - \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} + \text{Zero} = 733 \text{ kN}$$

$$Q_{9u} = \frac{1.5 * 500}{9} - \frac{1.5 * 600 * 1.5}{13.5} + \frac{1.5 * 500 * 1.5}{13.5} = 816 \text{ kN}$$

Critical sections For moment.

Sec. (1−1)

$$M_{U1} = [\overset{Q_1}{1016} + \overset{Q_2}{933} + \overset{Q_3}{850}]\left(1.5 - \frac{1.1}{2}\right)$$

$$= 2660 \text{ kN.m.}$$

Sec. (2−2)

$$M_{U2} = [\overset{Q_1}{1016} + \overset{Q_6}{916} + \overset{Q_7}{816}]\left(1.5 - \frac{1.1}{2}\right)$$

$$= 2610 \text{ kN.m.}$$

0.5 1.5 1.5 0.5
0.5 1.5 1.5 0.5
4.0 4.0
7 6 1
8 0.7 5 2
1.10
9 4 3
1

0.5 1.5 1.5 0.5
0.5 1.5 1.5 0.5
4.0 4.0
7 6 1
2
8 0.7 5 2
9 4 3

By taking $C_1 \simeq 5.0$

$$d_1 = 5.0\sqrt{\frac{2660 * 10^6}{30 * 4000}} = 744 \text{ mm}$$

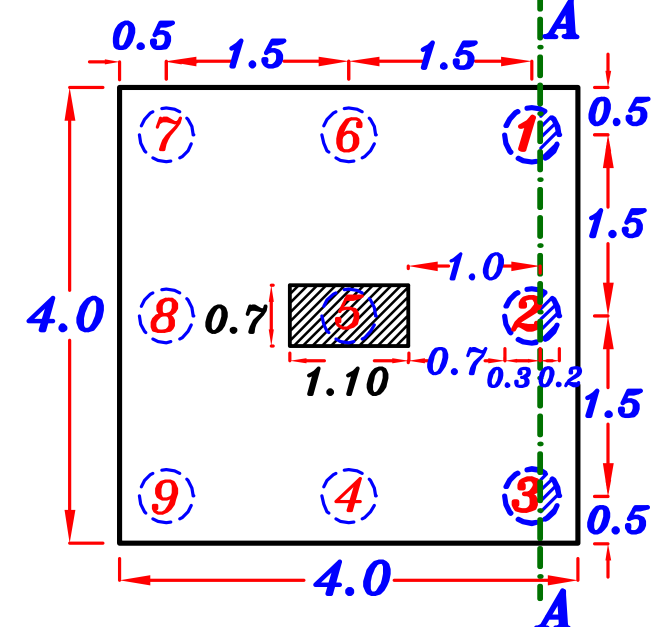
$$d_2 = 5.0\sqrt{\frac{2610 * 10^6}{30 * 4000}} = 737 \text{ mm}$$

$= 744$ mm

But $d_{min} = 2\,\phi = 2 * 500 = 1000$ mm

$\because d < d_{min} \xrightarrow{Take} d = d_{min} = 1000$ mm

Check shear.



Sec. (A–A)

shear نعتبر أن نسبه القوه التى ستعمل

هى نسبه طول الجزء الشغال الى القطر كله

$$\text{النسبه} = \frac{0.2}{0.5} = 0.4$$

$$Q_{su} = [\underset{Q_1}{1016} + \underset{Q_2}{933} + \underset{Q_3}{850}] * \underset{\text{النسبه}}{0.4} = 1119.6 \text{ kN}$$

$$q_{su_1} = \frac{Q_{su}}{d * B} = \frac{1119.6 * 10^3}{1000 * 4000} = 0.28 \text{ N/mm}^2$$

Sec. (B–B)

$$\text{النسبه} = \frac{0.4}{0.5} = 0.8$$

$$Q_{su} = [\underset{Q_1}{1016} + \underset{Q_6}{916} + \underset{Q_7}{816}] * \underset{\text{النسبه}}{0.8} = 2198 \text{ kN}$$

$$q_{su_2} = \frac{Q_{su}}{d * B} = \frac{2198 * 10^3}{1000 * 4000} = 0.55 \text{ N/mm}^2$$

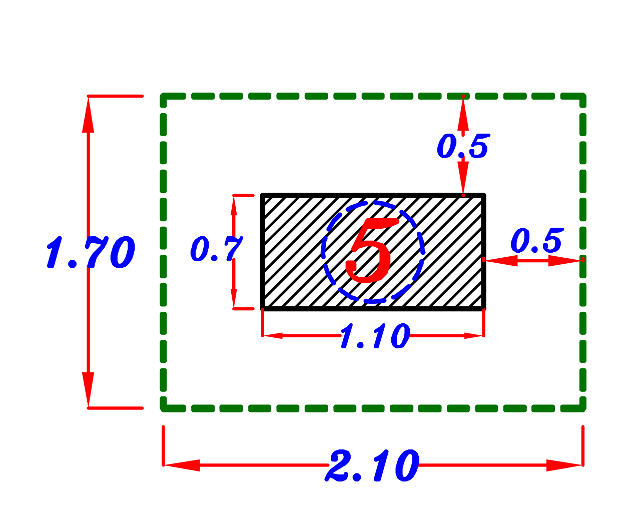
$$q_{s\,all} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.16 \sqrt{\frac{30}{1.5}} = 0.715 \text{ N/mm}^2$$

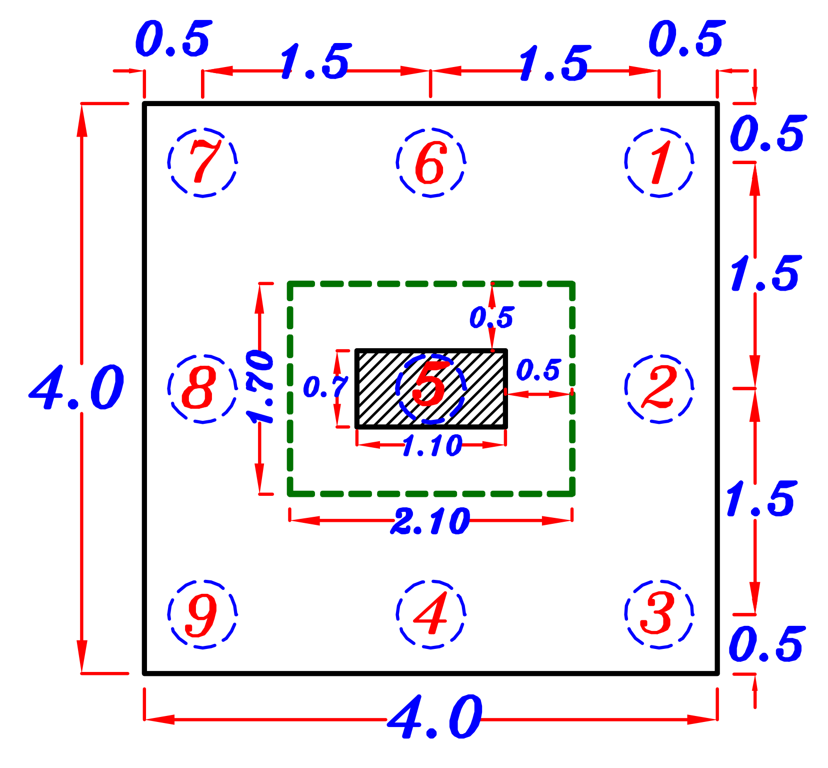
$$\because \quad q_{su_1} < q_{s\,all}, \quad q_{su_2} < q_{s\,all} \quad \therefore \text{Safe Shear}$$

Safe Shear

Check Punching.

على بعد $\frac{d}{2}$ من وش العمود من كل ناحيه .





$$Q_{Punch} = 1.5 * P_{Col} - \Sigma Q_{U pile}$$

$$Q_{Punch} = 1.5\,(5000) - \overset{Q_5}{833} = 6667 \text{ kN}$$

$$q_p = \frac{Q_{Punch}}{d * perimeter} = \frac{6667 \quad * 10^3}{1000\,(2*2100 + 2*1700)} = 0.877 \text{ N/mm}^2$$

$$q_{pcu} = 0.316\,(0.5 + \frac{a}{b})\,\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$$

$$= 0.316\,(0.5 + \frac{70}{110})\,\sqrt{\frac{30}{1.5}} = 1.606 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \boxed{q_p < q_{pcu}}$$ ------ Safe Punching

$$d = 1000 \ mm$$

$$t = 1000 + 150 = 1150 \ mm$$

RFT.

$\because C_1 = 5.0 \longrightarrow J = 0.826$

$$A_{s\,min} \ (mm^2/m') = 1.5 * d = 1.5 * 1000 = 1500 \ mm^2/m'$$

$$A_{s1\,(Total)} = \frac{2660 * 10^6}{0.826 * 360 * 1000} = 8945 \ mm^2/4.0$$

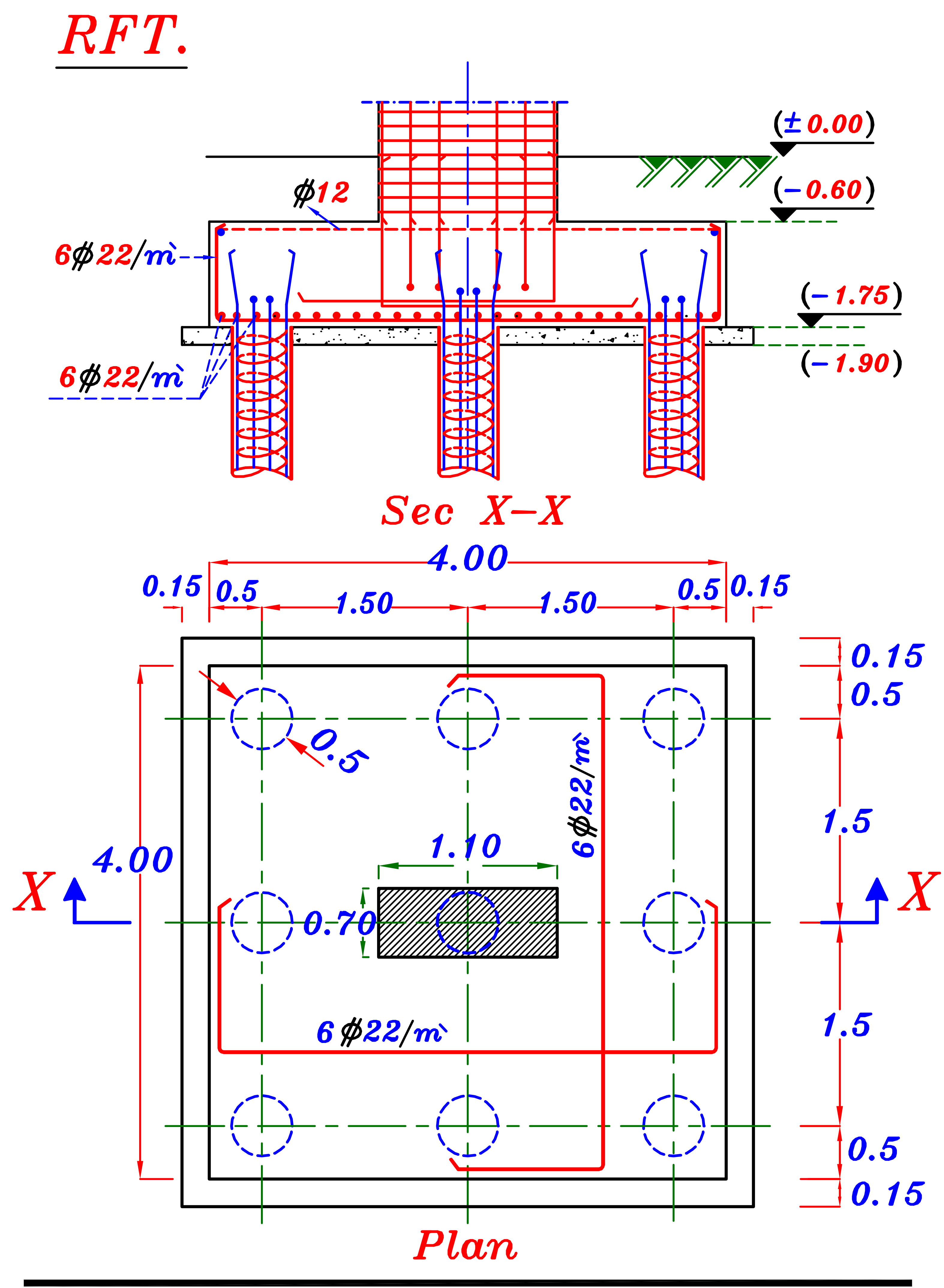
$$A_{s1} = \frac{8945}{4.0} = 2236 \ mm^2 > A_{s\,min}$$

$$6\phi 22/m'$$

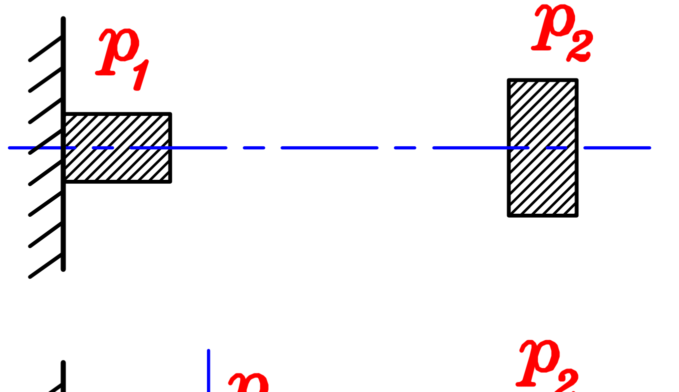
$$A_{s2\,(Total)} = \frac{2610 * 10^6}{0.826 * 360 * 1000} = 8777 \ mm^2/4.0$$

$$A_{s2} = \frac{8777}{4.0} = 2194 \ mm^2 > A_{s\,min}$$

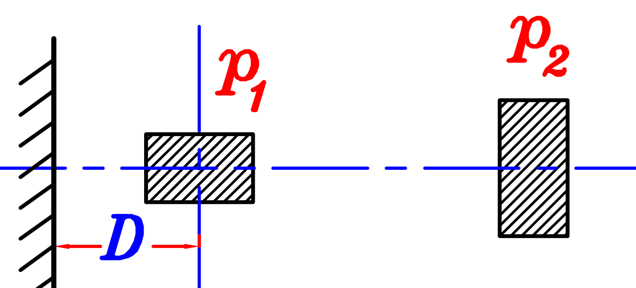
$$6\phi 22/m'$$


RFT.
(±0.00)
(−0.60)
(−1.75)
(−1.90)
φ12
6φ22/m`
6φ22/m`
Sec X−X
4.00
0.15
0.5
1.50
1.50
0.5
0.15
0.15
0.5
0.5
1.5
1.10
6φ22/m`
4.00
X
X
0.70
1.5
6φ22/m`
0.5
0.15
Plan

* Pile caps on property lines. حد الجار

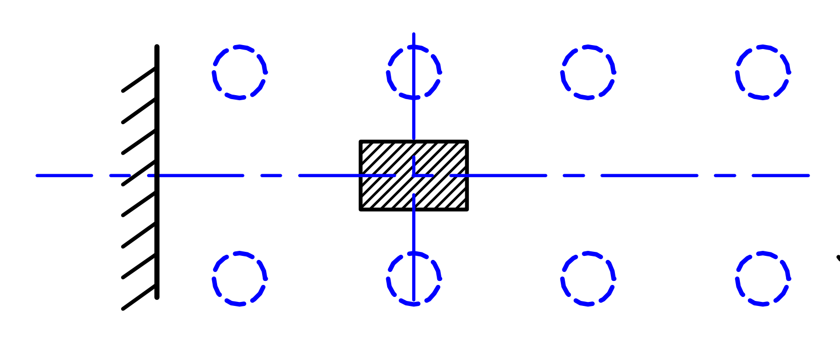


* فى حاله وجود عمود ملاصق لحد الجار و المطلوب تصميم أساسات العمود على خوازيق



* أو فى حاله اذا كان العمود بعيد عن حد الجار بمسافه (D) لا تسمح بتنفيذ **Isolated Pile Cap**

> IF $D < 1.25 \rightarrow 1.50\ m$
> **We can't use isolated pile cap**



* أو اذا كان العمود بعيد عن حد الجار بمسافه $D > 1.25 \rightarrow 1.50\ m$

و لكنه يحتاج أسفله عدد كبير من الخوازيق سيجعل ال **isolated cap** تتعدى حد الجار .

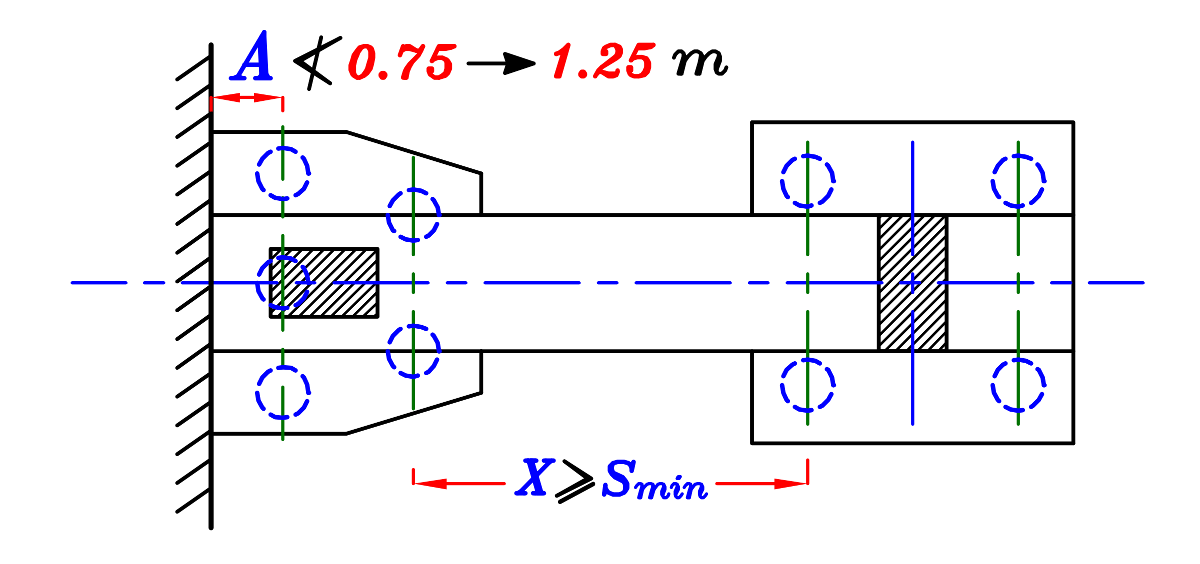
فى كل هذه المواقف يكون الحل هو استخدام أحد الاسلوبين :

a- Strap beam on piles.

و ان لم ينفع نحاول مع الحل الثانى

b - Combined pile cap.

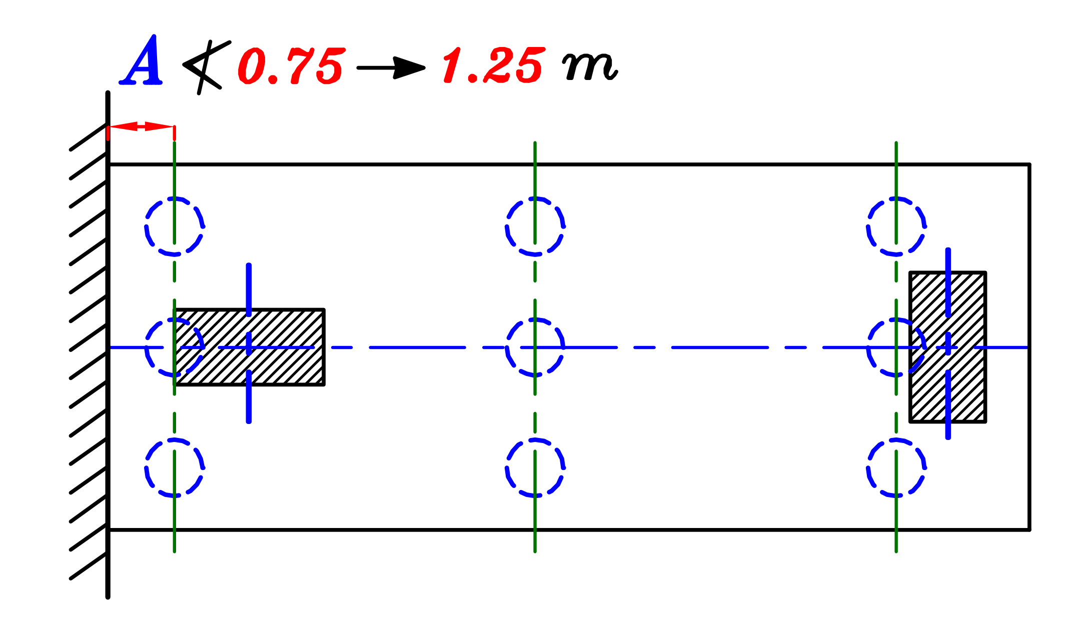
Strap beam on piles.



تستخدم بشرط ان تكون المسافه (X) بين أخر محور خوازيق فى قاعدتى الكمره لا تقل عن S_{min} للخوازيق .

Combined Pile Cap.

يجب ان يكون C.G. مجموعه الخوازيق المطلوبه يقع عند محصله الحملين



ملاحظات هامه .

* لاى نوع من أنواع الـ *Pile caps* الملاصقه لحد الجار .

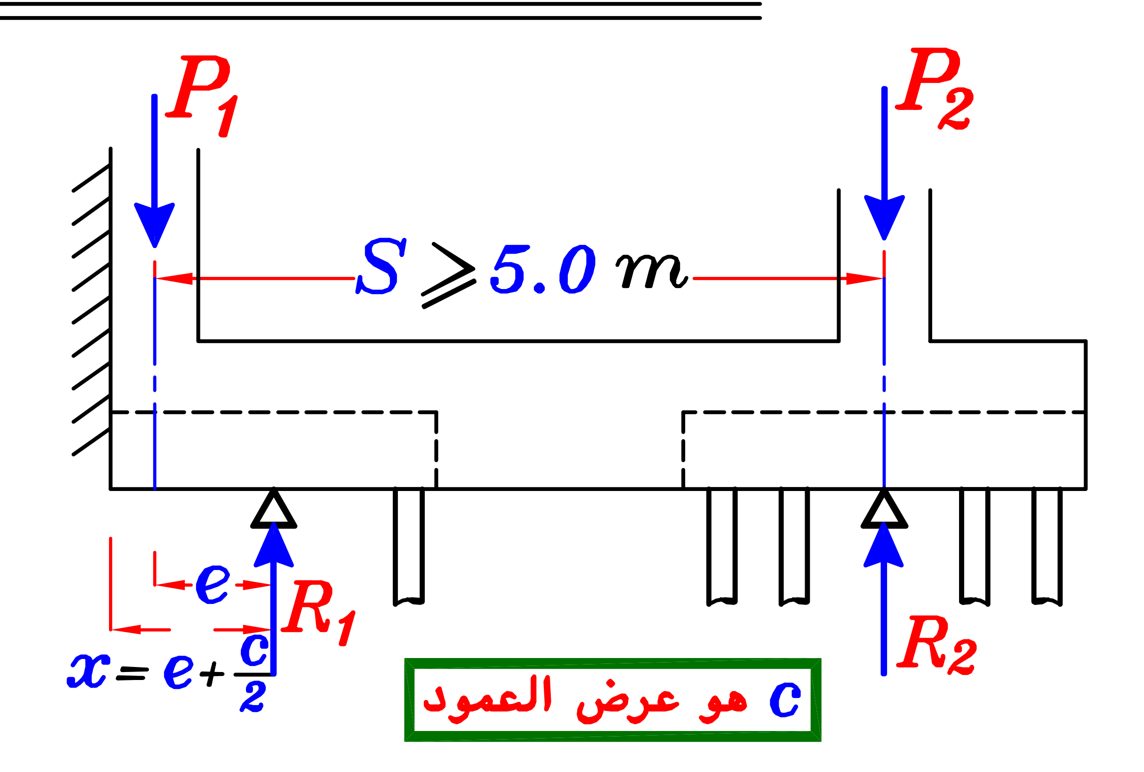
(*Isolated pile caps* or *Combined pile cap* or *caps of strap beam*)

- يجب أن تكون المسافه بين أول محور خوازيق بجوار حد الجار و بين حد الجار لا تقل عن $0.75 \rightarrow 1.25\ m$

$A \nless 0.75 \rightarrow 1.25\ m$ فى الرسم السابق

و ذلك لا تتسبب الماكينه التى تنفذ الخوازيق فى أضرار للجار

Strap beam on piles.



* تتركز الاعمده على الكمره التى تتركز بدورها على ال(*Pile caps*) و تنقل رد فعلها الى الخوازيق

* Steps.

1 – Assume $e = (0.1 \rightarrow 0.2)\, S$

2 – Get R_1, R_2

3 – Calculate number of piles under each pile cap.

$$N_1 = \frac{1.15 * R_1}{Q_{all/piles}} = \checkmark\checkmark \qquad N_2 = \frac{1.15 * R_2}{Q_{all/piles}} = \checkmark\checkmark$$

4 – Arrangment of piles.

* يتم رصد الخوازيق N_1 , N_2 كل على حده تحت كل *Pile cap* .

* يتم رص (N_1) مع الاخذ فى الاعتبار ما يلى :

أ - أول صف يبعد عن حد الجار مسافه لا تقل عن $(0.75 \rightarrow 1.0\, m)$

ب - ال $C.G.$ مجموعه الخوازيق هو نفس ال $C.G.$ لل pile cap عند مكان R_1

* يتم رص (N_2) بحيث يكون $C.G.$ المجموعه هو $C.G.$ العمود C_2

* يجب التحقق من ان المسافه بين أخر محور خوازيق من (N_1) و بين أول محور خوازيق فى (N_2) لا تقل عن S_{min}

5- Draw S.F.D & B.M.D

using $P_{1U} =$ ✓✓

using $P_{2U} =$ ✓✓

$$Q_{1U} = \frac{R_{1U}}{N_1}$$

$$Q_{2U} = \frac{R_{2U}}{N_2}$$

6- Design strap beam.

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M_{max}}{F_{cu} * b}} \qquad \text{Take } C_1 = 4.5$$

$b \nless C$ المواجه $= 40 \rightarrow 80\ cm$

Check shear For strap Beam. Use shear reinforcement.

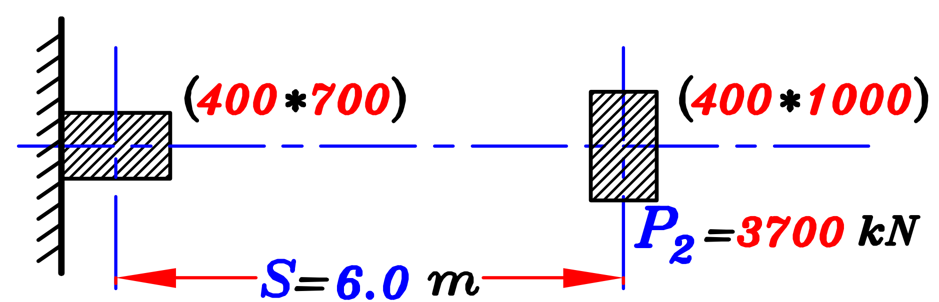
7- Design of pile caps.

ناخذ القطاعات الحرجه على وش الكمره (فى العزوم) و على بعد (d) من وش الكمره (فى القص) و نعين M_U, Q_{US} و نكمل التصميم .

8- Details of Reinforcement. (see example)

Example.

Design a suitable deep Foundation (pile caps) to support the shown two columns.



Given.

- $Q_{all\ pile} = 750$ kN
- $\phi_{pile} = 500$ mm
- $F_{cu} = 25$ N/mm²
- $F_y = 360$ N/mm²

Solution.

Try strap beam system

Assume $e = (0.1 \rightarrow 0.2) * 6.0$

$e = 0.6 \rightarrow 1.2$ m

Take $\boxed{e = 1.0\ m}$

$P_1 = 2500$ kN $\quad P_2 = 3700$ kN

6.0 m, P_{C1}, P_{C2}, e 1.0 m, 5.0 m, R_1, R_2

$$\therefore \sum M_{R_2} = Zero \rightarrow 2500 * 6 = R_1 * 5 \rightarrow \boxed{R_1 = 3000\ kN}$$

$$\sum F_y = Zero \rightarrow 2500 + 3700 = R_2 + 3000 \rightarrow \boxed{R_2 = 3200\ kN}$$

No. of piles of pile cap ① $= N_1$

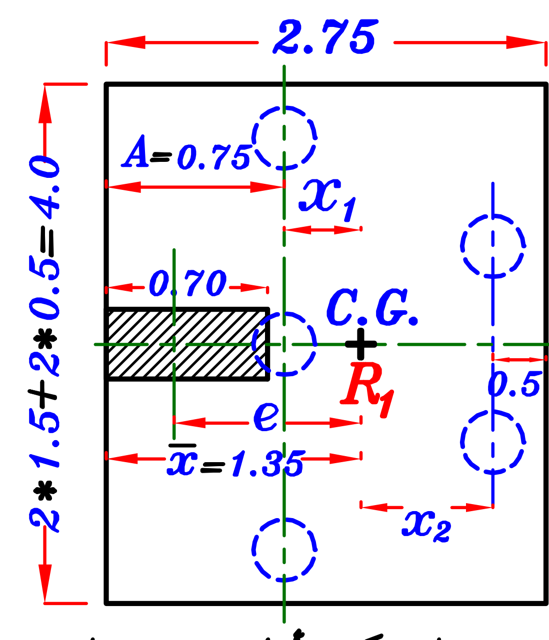
$$N_1 = \frac{1.15 * 3000}{750} = 4.6 \rightarrow \text{taken } \boxed{5\ piles}$$

No. of piles of pile cap ② $= N_2$

$$N_2 = \frac{1.15 * 3200}{750} = 4.9 \rightarrow \text{taken } \boxed{5\ piles}$$

Arrangement of piles (piles Layout)

For pile cap ①



$N_1 = 5\ piles$

يجب أن يكون $C.G.$ الـ 5 خوازيق هو مكان R_1

أي على بعد $(e = 1.0\ m)$ من محور العمود

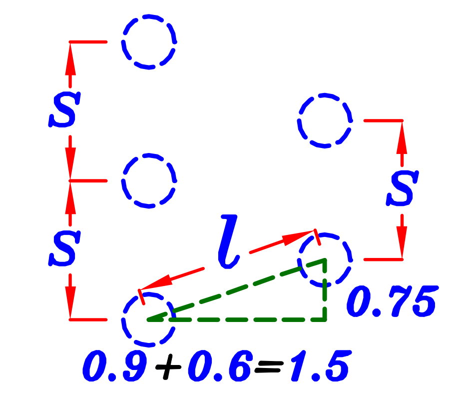
أو على مسافه $(\bar{x} = e + 0.35 = 1.35\ m)$

• يجب ان يكون أول محور خوازيق على بعد مسافه $A \longleftarrow (0.75 \longrightarrow 1.25\ m)$ من حد الجار .

Take $\boxed{A = 0.75\ m}$

$\therefore\ X_1 = 1.35 - 0.75 = 0.60\ m$ ، X_1 بُعد أول محور خوازيق عن الـ $C.G.$

$\therefore\ \underset{piles}{3} * 0.6 = \underset{piles}{2} * X_2 \longrightarrow X_2 = 0.9\ m$



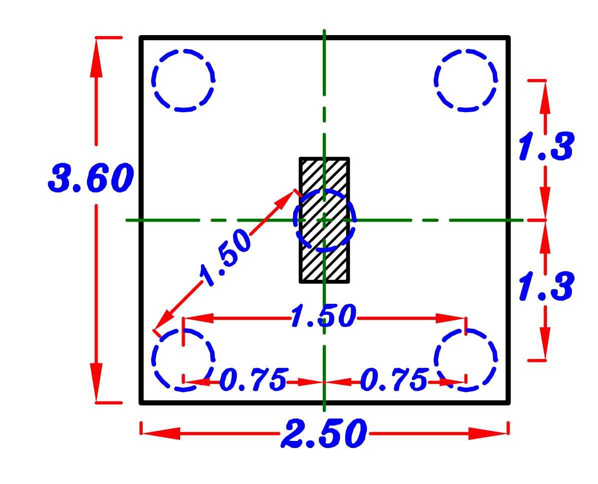
assuming $S = S_{min} = 3\phi = 1.50\ m$

$e = \phi = 0.50\ m$

Check $l = \sqrt{(1.5)^2 + (0.75)^2} = 1.67\ m$

$\therefore\ S_{min} < l < S_{max} \longrightarrow OK$

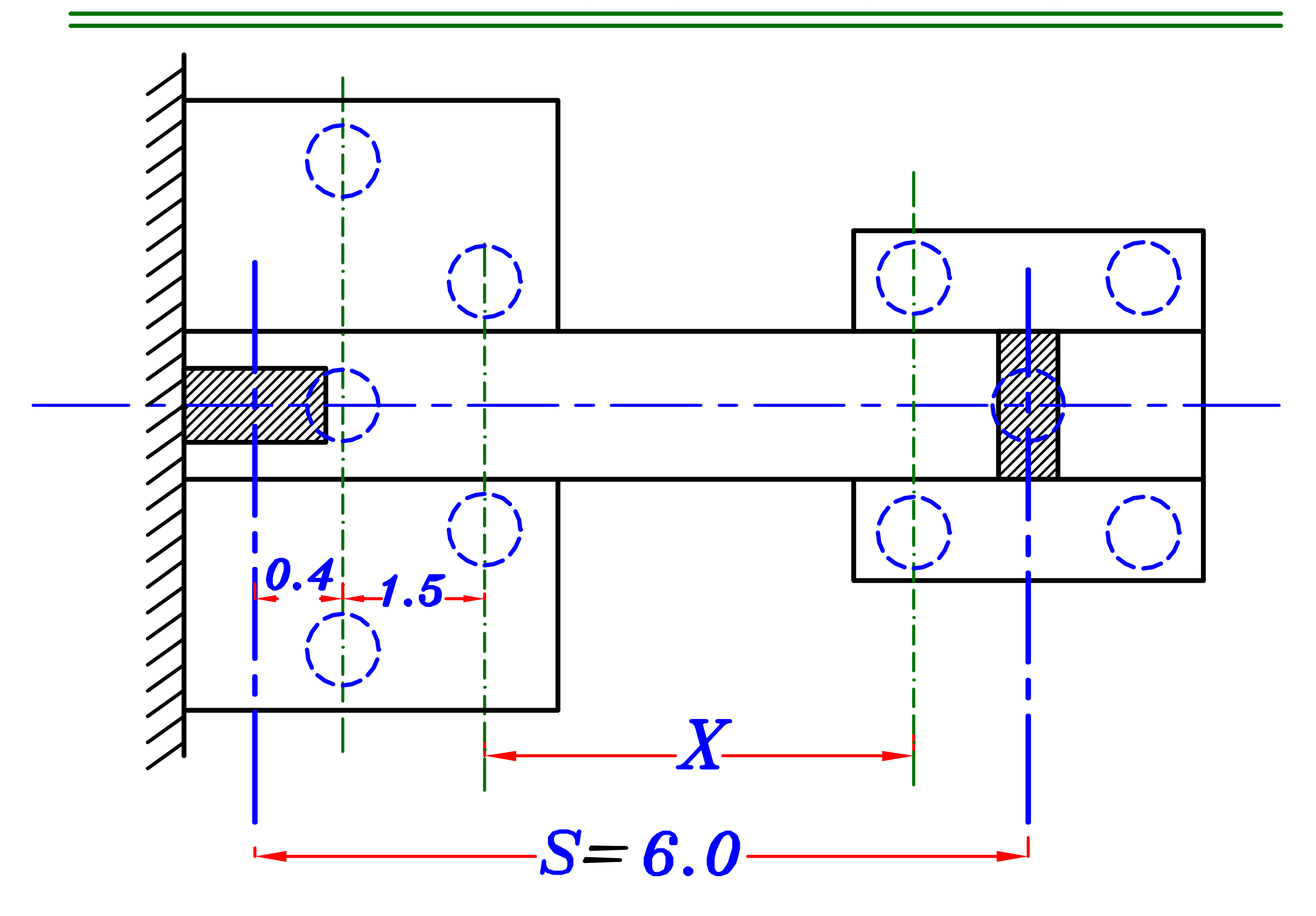
For pile cap ②



$N_2 = 5\ piles$

$C.G. \equiv C.G.$ For Column ②

Check the validity of using Strap Beam.



$$X = 6.0 - 0.75 - 0.4 - 1.50 = 3.35\ m$$

$\therefore X > S_{min} = 1.50\ m \longrightarrow$ **We can use Strap Beam.**

Ultimate Loads.

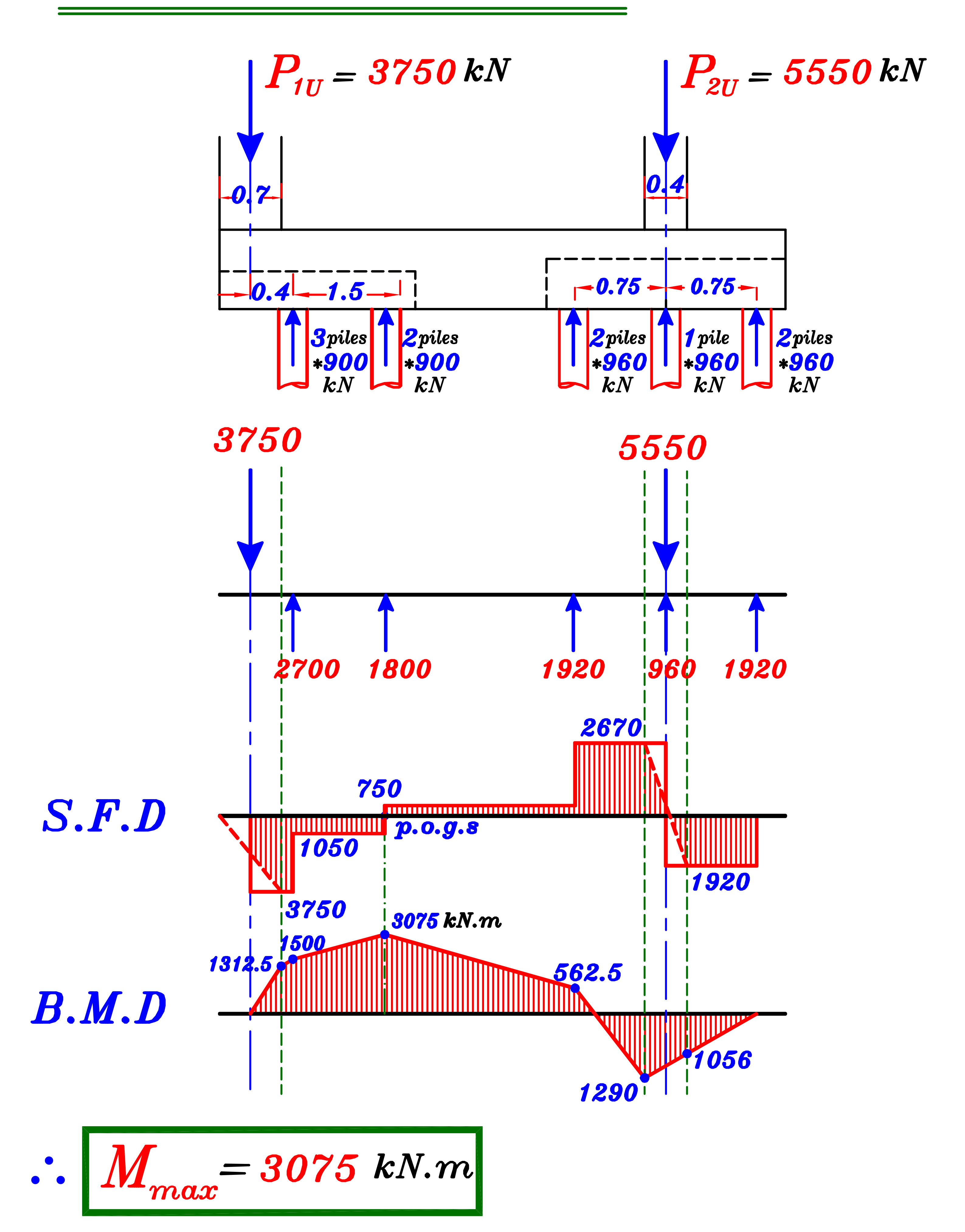
$P_{1U} = 1.5 * 2500 = 3750\ kN$, $P_{2U} = 1.5 * 3700 = 5550\ kN$

$R_{1U} = 1.5 * 3000 = 4500\ kN$, $R_{2U} = 1.5 * 3200 = 4800\ kN$

$$Q_{1U}/Pile = \frac{4500}{5} = 900\ kN$$

$$Q_{2U}/Pile = \frac{4800}{5} = 960\ kN$$

Design of Strap Beam.



$\therefore$ $M_{max} = 3075$ kN.m

$$M_{max} = 3075 \ kN.m$$

Choose $b_{beam} = C_2 = 1000 \ mm$

By taking $C_1 \simeq 4.5$

$$d_{beam} = 4.5 \sqrt{\frac{3075 * 10^6}{25 * 1000}} = 1578 \ mm$$

take $d = 1600 \ mm$ $\therefore$ $t = 1700 \ mm$

Check Shear.

$Q_{s_{critical}} = 2670 \ kN$ على بعد $d\backslash 2$ من وش العمود

$$q_{su} = \frac{Q_s}{b * d} = \frac{2670 * 10^3}{1000 * 1600} = 1.67 \ N/mm^2$$

$$q_{cu} = 0.24 \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N/mm^2$$

$$q_{max} = 0.70 \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.86 \ N/mm^2$$

$$\therefore \ q_{cu} < q_{su} < q_{max}$$

Use stirrups where using ϕ 10 & 4 branches

$$1.668 - \frac{0.98}{2} = \frac{4 * 113 * (360/1.15)}{1000 * S}$$

Get $S = 120 \ mm$ → Use $9 \phi 10 / m'$ 4 branches

R.F.T.

Sec. ① $M_{max\,(-Ve)} = 3075$ kN.m.

$$1600 = C_1 \sqrt{\frac{3075 * 10^6}{25 * 1000}} \longrightarrow C_1 = 4.56 \longrightarrow J = 0.818$$

$$A_s = \frac{M}{J\,F_y\,d} = \frac{3075 * 10^6}{0.818 * 360 * 1600} = 6526.3\ mm^2$$

Check $A_{s\,min.}$ $\quad A_{s_{req.}} = 6526.3\ mm^2$

$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 1000 * 1600 = 5000\ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 6526.3\ mm^2$ **18 Ø 22**

Sec. ② $M_{max\,(+Ve)} = 1290$ kN.m.

$$1600 = C_1 \sqrt{\frac{1290 * 10^6}{25 * 1000}} \longrightarrow C_1 = 7.04 \longrightarrow J = 0.826$$

$$A_s = \frac{M}{J\,F_y\,d} = \frac{1290 * 10^6}{0.826 * 360 * 1600} = 2711.3\ mm^2$$

Check $A_{s\,min.}$ $\quad A_{s_{req.}} = 2711.3\ mm^2$

$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 1000 * 1600 = 5000\ mm^2$$

$\therefore \mu_{min.}\,b\,d > A_{s_{req.}} \xrightarrow{Use} A_{s\,min.}$

$$A_{s\,min.} = 0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 1000 * 1600 = 5000$$

$$1.3\,A_{s_{req.}} = 1.3 * 2711.3 = 3524.7$$

الأقل $= 3524.7$

$$st.\ 360/520 \quad \frac{0.15}{100}\,b\,d = \frac{0.15}{100} * 1000 * 1600 = 2400$$

الأكبر $= 3524.7\ mm^2$

10 Ø 22

Design of pile caps.

For Pile Cap ①

$Q_U/pile = 900\ kN$

$M_U = 900 * 0.25\,m + 900 * 1.0\,m$

$= 1125\ kN.m/2.75\,m$

By taking $C_1 \simeq 5.0$

$\longrightarrow J = 0.826$

$$d = 5.0 \sqrt{\frac{1125 * 10^6}{25 * 2750}} = 639\ mm$$

take $d = 650\ mm$ $\therefore$ $t = 800\ mm$

$$A_{s\,(Total)} = \frac{1125 * 10^6}{0.826 * 360 * 639} = 5920\ mm^2/2.75$$

$$A_s = \frac{5920}{2.75} = 2153\ mm^2 > A_{s\,min} \quad 6\phi22/m'$$

Check Shear. at $d = 650\ mm$

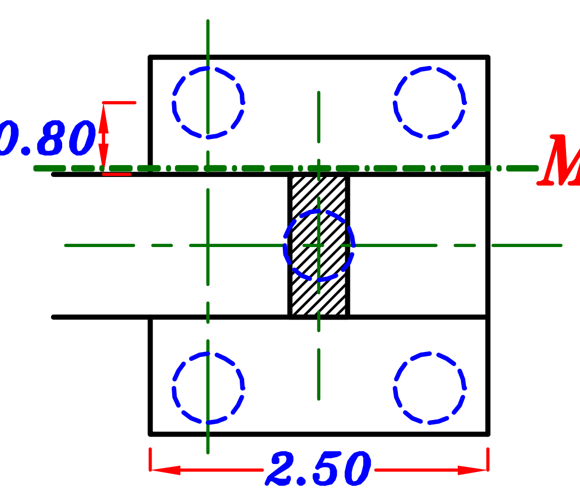
$Q_s = 1 * 900 = 900\ kN$

$$q_{su} = \frac{Q_s}{b * d} = \frac{900 * 10^3}{2750 * 650} = 0.503\ N/mm^2$$

$$q_{sall} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.16 \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.653\ N/mm^2$$

$q_{su} < q_{sall}$ $\therefore$ **Safe Shear**

For Pile Cap ②



$Q_U/pile = 960\ kN$

$M_U = 2 * 960 * 0.80\ m$

$= 1536\ kN.m/2.5\ m$

By taking $C_1 \simeq 5.0$ $\longrightarrow$ $J = 0.826$

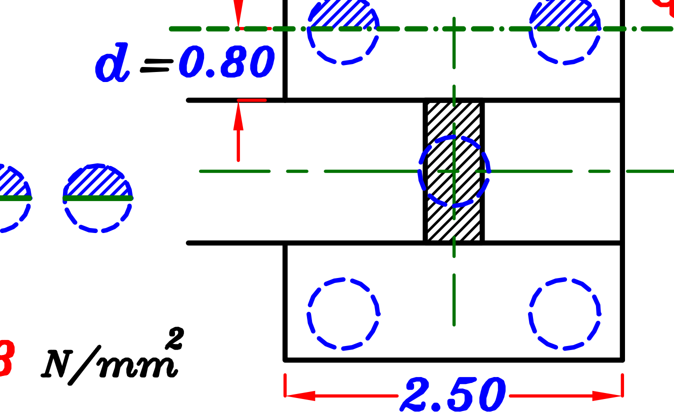
$$d = 5.0\sqrt{\frac{1536 * 10^6}{25 * 2500}} = 784\ mm$$

take $d = 800\ mm$ $\therefore$ $t = 950\ mm$

$$A_{s\,(Total)} = \frac{1536 * 10^6}{0.826 * 360 * 784} = 6588\ mm^2/2.50$$

$$A_s = \frac{6588}{2.50} = 2635\ mm^2 > A_{s\,min}$$ $7\phi22/m'$

Check Shear. at $d = 800\ mm$



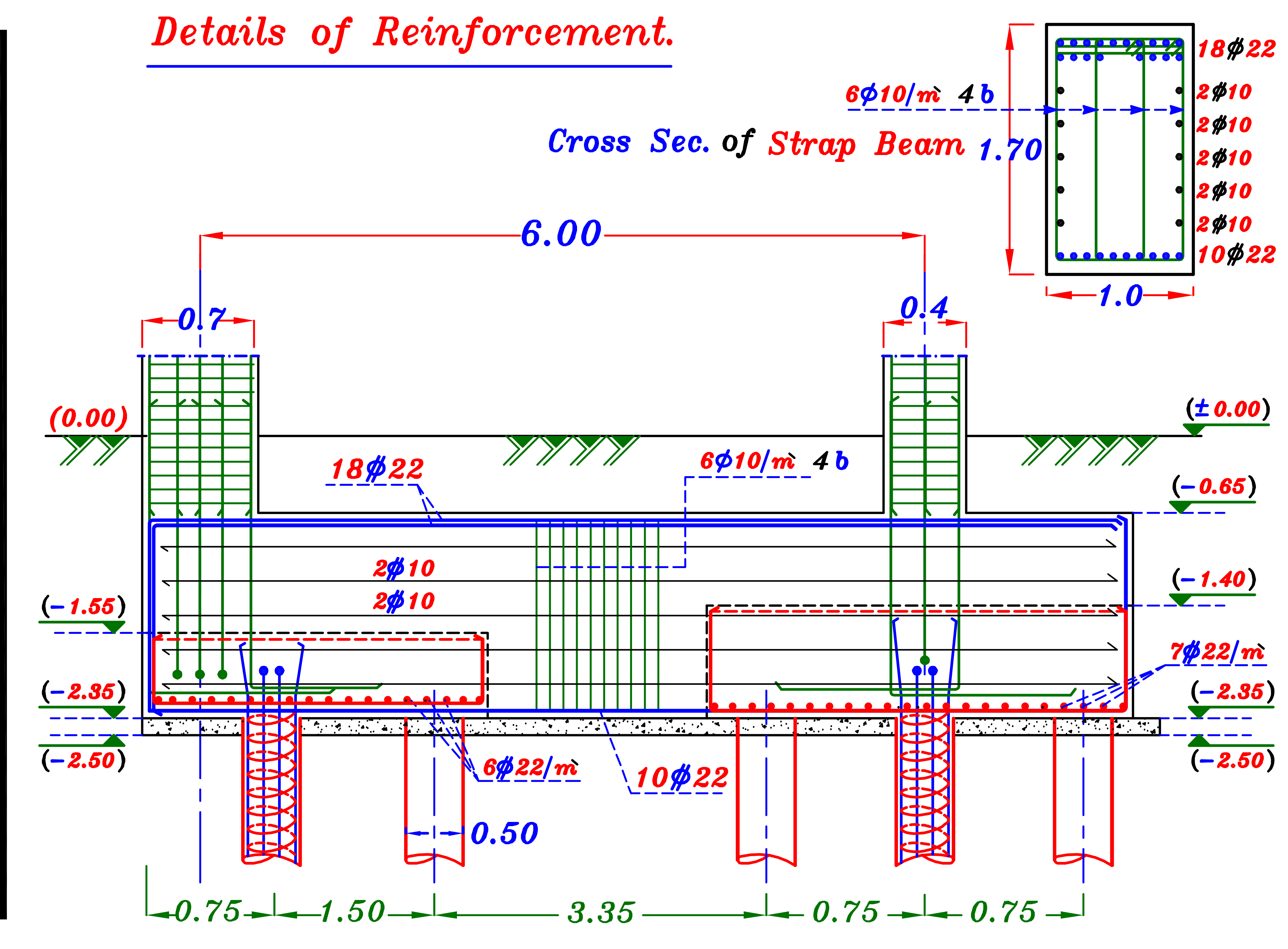
$$Q_s = 2 * 960 * \frac{1}{2} = 960\ kN$$

$$q_{su} = \frac{Q_s}{b * d} = \frac{960 * 10^3}{2500 * 800} = 0.48\ N/mm^2$$

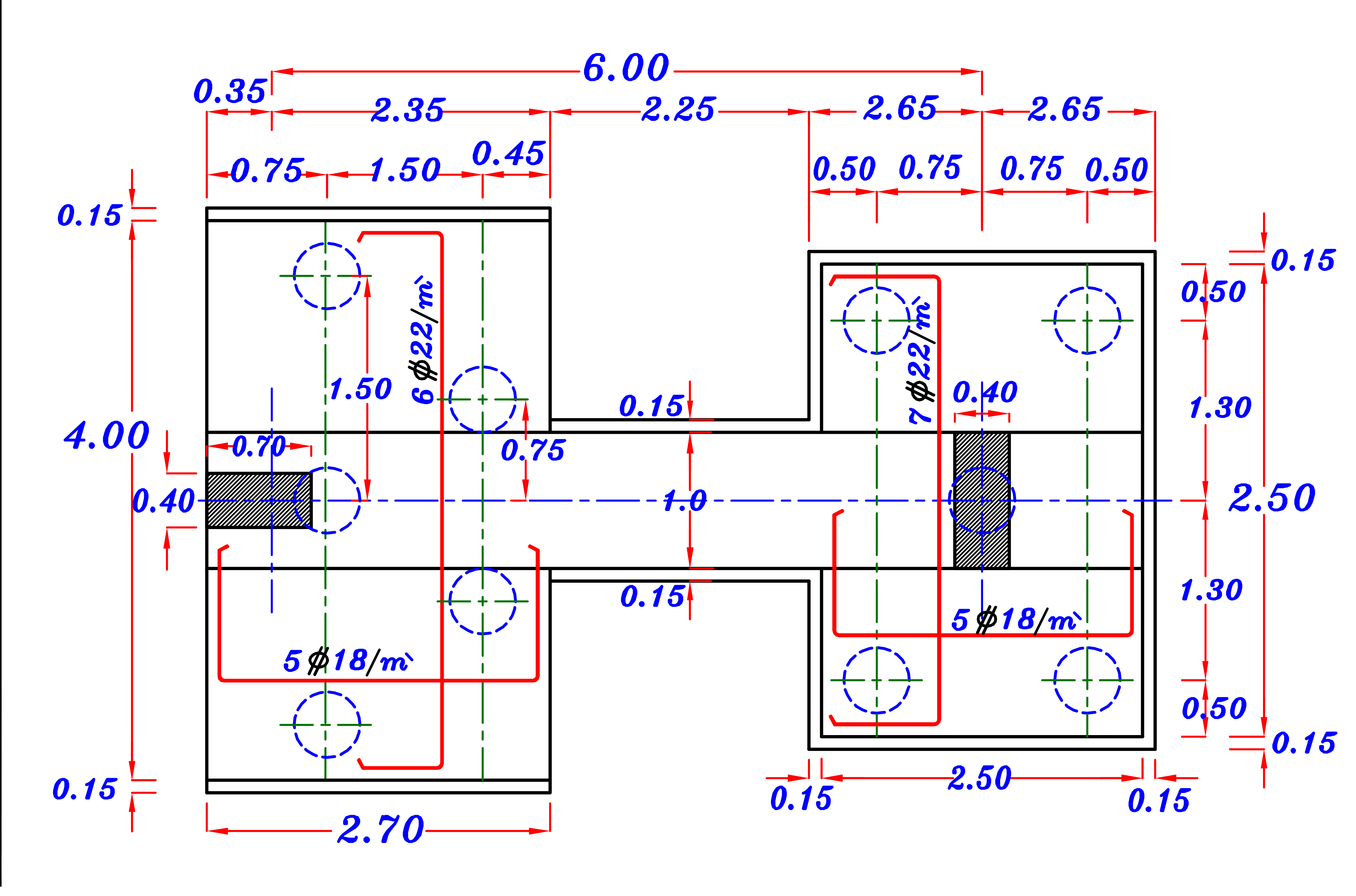
$$q_{sall} = 0.16\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.16\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.653\ N/mm^2$$

$q_{su} < q_{sall}$ $\therefore$ Safe Shear

Details of Reinforcement.

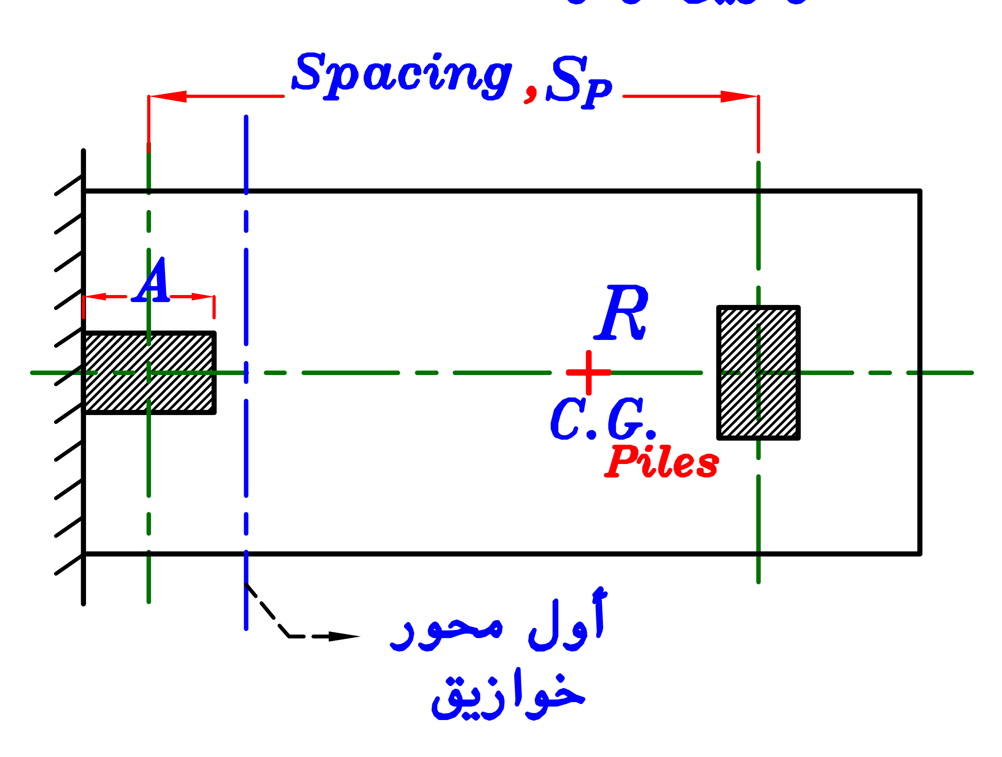


Details of Reinforcement.



Rectangular Combined Pile Cap.

مطلوب حساب عدد الخوازيق و رصها .



Required Steps.

A – Determine the position of (R)

كما سبق نحدد مكان محصله الاحمال

$$R = P_1 + P_2$$

B – Calculate the required No. of piles $= \dfrac{1.15 * R}{Q_{all}}$

C – Arrangement of piles.

عند رص الخوازيق فى القاعده المشتركه يجب أن نراعى ما يلى :-

١- أن يكون (C.G.) مجموعه الخوازيق هو نفسه محصله الاحمال عند نقطه (R)

٢- أن يبتعد أول محور خوازيق عن حد الجار مسافه (A)

Where $A \nless 0.75 \rightarrow 1.25\ m$

و ذلك حتى لا تصطدم الاجزاء البارزه من ماكينات الخوازيق بحدود الجار

مثال عددى لكيفيه ترتيب الخوازيق.

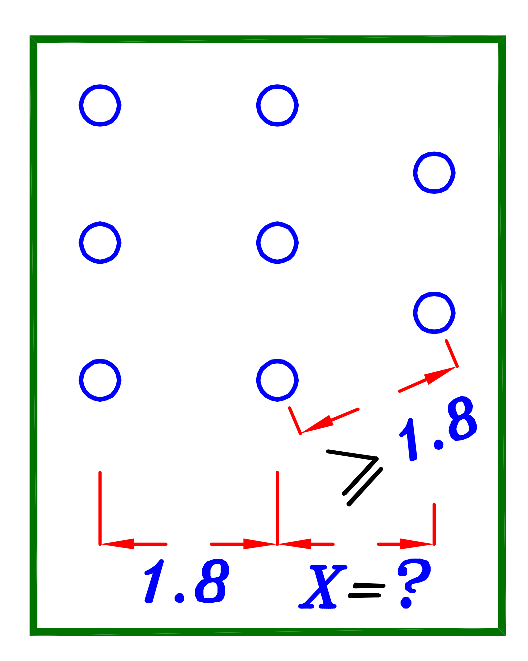
$N = 8$ piles
$\phi = 60$ cm
$S = 1.80\,m$

0.3 — 4.00 — 0.15
R
X = 2.10
0.75 m — 1.80 m — X = 2.0 m

١- نتخيل ان مسافه رص الخوازيق هى نفسها $S_P = 4.0\,m$

٢- نحسب عدد الاعمده فى الرصه $n_{col} = \dfrac{4.0}{1.8} = 2.22 \simeq 3.0$

٣- عدد الصفوف $n_{Ros} = \dfrac{8}{3.0} = 2.67 \simeq 3$



٤- اذا شكل الرصه سيؤول الى ←--------

٥- أول صف رأسى للخوازيق يبعد عن حد الجار
مسافه $0.75\,m$ و به n خازوق .

٦- ثانى صف رأسى للخوازيق يبعد عن الاول بمسافه
$1.80\,m$ و به n خوازيق .

٧- C.G. يبعد عن أول صف (نفرض عنده محور قياس X)
مسافه معروفه (لانه مكان R وهو معروف)
$2.10\,m$

٨- أخر صف رأسى للخوازيق يحتوى على عدد ٢ خازوق ولكنه على بعد نريد معرفته بحيث يظل $C.G.$ عند مكان ال R

٩- لمعرفه بعد أخر صف عن المحور و الذى يساوى $(1.8+X)$ نطبق فى معادله حساب مركز ثقل مجموعه من المساحات (مساحات الخوازيق ثابته)

$$\overline{X} = \frac{\sum A\phi_i * X_i}{\sum A\phi_i}$$

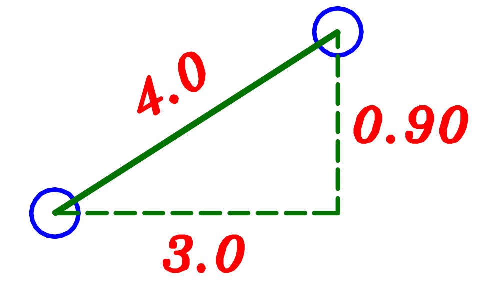
$$\overline{X} = \frac{A\phi\,[3*0+3*1.8+2(1.8+X)]}{8*A\phi} = 2.10\,m$$

Get $\boxed{X = 3.90\,m}$

و بالتالى نضع الخازوقين فى أخر صف على بعد $3.90\,m$ من الصف الثانى و فى وضع متماثل حول محور X

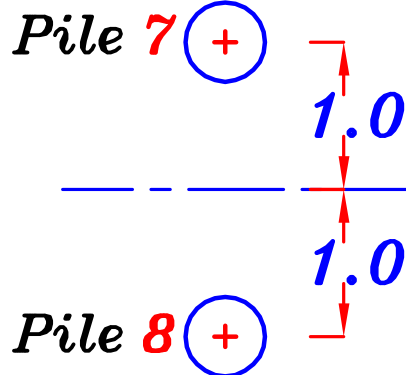
5 7
0.9
1.8
8
0.9
6
3.9

١٠- لابد من ان نحقق (S) بين الخازوقين $(6,8)$ بين S_{min} و S_{max}



$$S_{act} = 4.0\,m = 6.7\,\phi > S_{max}$$

١١ـ و بالتالى لتقليل S من المثلث نقلل المسافه الرأسيه أى نزيد المسافه بين الخازوقين $(7,8)$.



و لكن $(S_{max} = 3.60\ m)$ أصغر من المسافه الافقيه بين الخازوقين $(6,8) = 3.90\ m$

و حيث ان الوتر دائما سيكون أكبر أضلاع المثلث اذا لا تنفع هذه الطريقه فى زياده المسافه بين الخازوقين و لذا نضطر لزياده عدد الخوازيق $N = 9$

$$2.10 = \frac{A_{\phi}[3*0+3*1.8+3(1.8+X)]}{9*A_{\phi}}$$

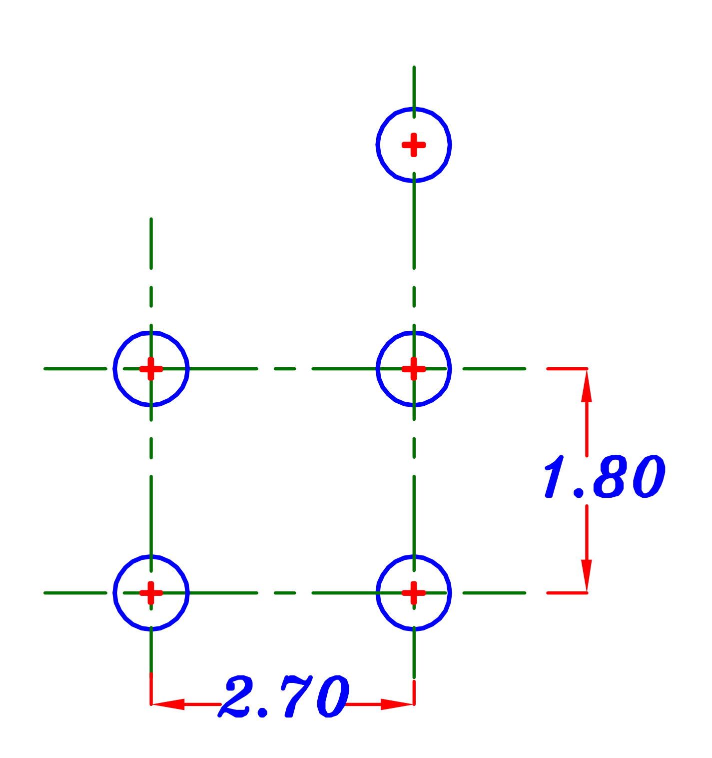
Get $X = 2.70\ m$

$S = 2.70\ m > S_{min} = 1.80\ m$

$< S_{max} = 3.60\ m$

OK

Use $N = 9$



Design of Combined Pile Cap.

* كما تعودنا فانه عند تصميم أى قاعده على خوازيق

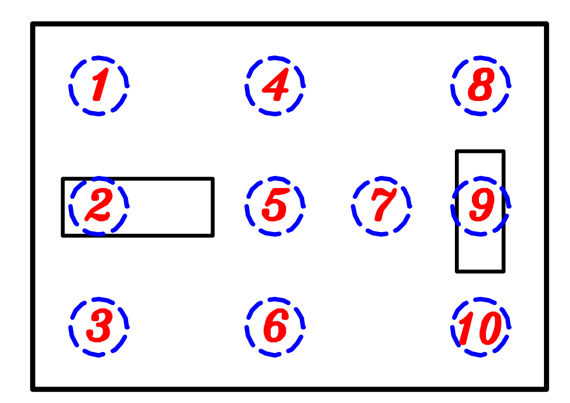
نفترض ان كل الخوازيق تحمل نفس الحمل

Uniform Load distribution on piles

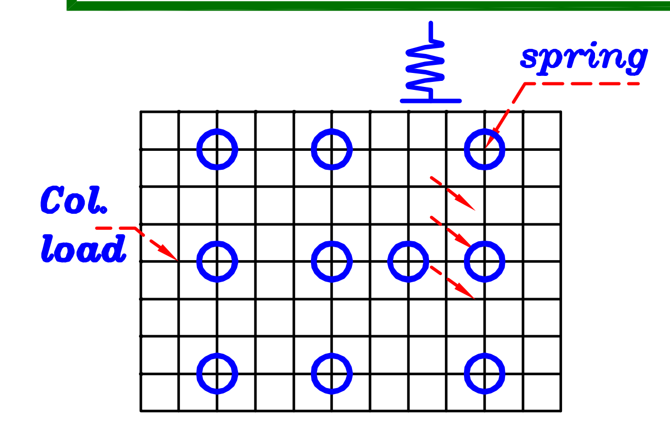
$$Q_u/pile = \frac{1.5 * R}{N}$$

و هذا الفرض غير مقبول فى حاله القاعده الـ Combined

* و ذلك لان توزيع الخوازيق داخل القاعده الـ Combined أكيد سيكون فيه خوازيق بعيده عن مصدر الحمل , الاعمده مثل (1, 3, 4, 6, 8, 10) و خوازيق أخرى قريبه مثل خوازيق (2, 5, 7, 9) فى الشكل الاتى



لذلك فانه الحل العادى بالحسابات اليدويه العاديه غير مقبول فى هذه الحاله .



* و بالتالى فاننا نلجأ لاستخدام طريقه العناصر المحدده Finite element كما فى برنامج مثل الـ (Sap) حيث تقسم الاساس لمجموعه من الـ (Shells) و نعرف الـPile على انه Spring عند الـ Joint المقابله لـC.G. الخازوق و تكون جساءه الـ Spring تساوى (K_S)

$$K_S = \frac{Q_{all}}{\Delta pile}$$